BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

# MANUEL DE LA CONSTRUCTION EN CIMENT ET EN CIMENT ARMÉ

M. CHANSOU

J.B. BAILLIÈRE & FILS

H. Spencer.

Albert. Somme.

July 1st 1926.

## MATÉRIEL MÉCANIQUE D'ENTREPRISES

# MAXIME CAMPISTROU

INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR A. ET M. ET I. C. F.

**169, route de la Révolte,**

**LEVALLOIS-PERRET (Seine)**

Métro : Pereire R. C. Seine 26.641 Téléph. : Wagr. 89-10

*Bétonnières - Groupes-Moteurs à essence Monte-matériaux à potence orientable type 250, 500 et 1.000 kilos - Machine à couder les ronds - Dragues à main Machines à redresser les fils d'acier doux ronds du commerce livrés en couronnes Cisailles à couper les ronds et les plats Appareils à faire les étriers - Concasseurs giratoires - Concasseurs à mâchoires - Trommels classeurs cylindriques - Laveuses de sable - Broyeurs mélangeurs à cuve et meules tournantes Malaxeurs de mortier - Moules pour tuyaux en béton - Presses pour agglomérés et briques - Machines à mouler les agglomérés - Groupes moto-pompes centrifuges à essence - Chauffeurs-mélangeurs pour tar-macadam - Serre-joints Limousins mécaniques*

# Encyclopédie Industrielle

**Collection de volumes in-18 de 400 à 500 pages illustrés**

**Barni, Montpellier et Marec.** *Le Monteur électricien* ..... 15 fr.
**Biège.** *Industrie du gaz.* 15 fr.
**Bouant.** *Le Tabac*..... 15 fr.
**Boutroux.** *Le Pain et la Panification* ..... 15 fr.
**Brochet.** *La Galvanoplastie* ..... 15 fr.
**Cherchefsky.** *Analyse des corps gras*, 2 vol..... 30 fr.
**Convert.** *L'Industrie agricole* ..... 15 fr.
**Corenwinder.** *L'Eau potable*..... 15 fr.
**Desalme et Pierron.** *Couleurs et Vernis*..... 15 fr.
**Dupont.** *L'Industrie des Matières colorantes*.... 15 fr.
**Fabrègue.** *Chauffage central*..... 15 fr.
**Gautier.** *Sophistication et analyse des vins*..... 15 fr.
**Girard.** *Cours de Marchandises* ..... 15 fr.
**Gondy.** *Horlogerie*..... 15 fr.
**Guichard.** *L'eau dans l'Industrie* ..... 15 fr.
**Guichard.** *Chimie du distillateur* ..... 15 fr.
**Guichard** *Microbiologie du distillateur* ..... 15 fr.
**Guillet.** *L'Electrochimie et l'Electrométallurgie* ... 15 fr.
**Guinochet.** *Les Eaux d'alimentation*..... 15 fr.
**Haller.** *L'Industrie chimique*..... 15 fr.
**Halphen.** *La Soude*..... 15 fr.
**Halphen.** *Essais commerciaux*, 2 vol..... 30 fr.
**Jumelle.** *Huiles végétales*..... 15 fr.
**Keghel (de).** *Conservation et Amélioration des bois*..... 15 fr.
**Knab.** *Les Minéraux utiles.* 15 fr.
**Lallié.** *Le Froid industriel.* 15 fr.
**Launay (A. de).** *L'Argent* ..... 15 fr.
**Leduc.** *Chaux et ciments*.. 15 fr.
**Lefèvre.** *L'Acétylène*..... 15 fr.
**Lejeal.** *L'Aluminium*..... 15 fr.
**Leroux et Revel.** *La traction mécanique*..... 15 fr.
**Letombe et Lacoin.** *Les Moteurs* ..... 15 fr.
**Marec.** *Formulaire de l'électricien* ..... 15 fr.
**Montpellier.** *Les Accumulateurs* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Précis de Métallurgie* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Manipulations et mesures électriques industrielles* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Physique industrielle* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Métaux et alliages* 15 fr.
**Piesse.** *Chimie des Parfums* ..... 15 fr
**Poutiers.** *La Menuiserie*.. 15 fr.
**Puget** *Cuirs et peaux*.... 15 fr.
**Puget.** *Savons et bougies.* 15 fr.
**Puget.** *Fabrication du papier* ..... 15 fr.
**Riche et Forest.** *L'Art de l'essayeur* ..... 15 fr.
**Schœller.** *Les Chemins de fer*..... 15 fr.
**Sidersky.** *Usages industriels de l'alcool*..... 15 fr.
**Sidersky.** *Chimiste de Sucrerie* ..... 15 fr.
**Trillat.** *L'Industrie chimique en Allemagne*..... 15 fr.
**Trillat.** *Les Produits chimiques*..... 15 fr.
**Vignon.** *La Soie*..... 15 fr.
**Weil.** *L'Or*..... 15 fr.
**Witz.** *La Machine à vapeur* ..... 15 fr.
**Witz.** *Gazogènes*..... 15 fr.

# L'ÉCOLE UNIVERSELLE

Première Ecole fondée en France pour l'application de l'Enseignement par correspondance à toutes les branches du savoir, de beaucoup la plus importante par le nombre de ses élèves et l'importance de ses succès (50.000 élèves, plusieurs centaines de Professeurs, 7 vastes bâtiments occupés en totalité par les services administratifs, 300 Chefs de Services et Employés) vous donne le moyen d'acquérir chez vous, à vos heures de loisirs, en peu de temps et pour une dépense modérée, les connaissances nécessaires pour assurer avec succès les fonctions de

**Chef de chantiers de travaux publics ;**
**Conducteur de travaux publics ;**
**Sous-Ingénieur de travaux publics ;**
**Ingénieur de travaux publics ;**
**Ingénieur spécialiste en béton armé.**

Vous pouvez dans les mêmes conditions vous préparer à exercer les fonctions d'*Ingénieur*, *Sous-Ingénieur*, *Conducteur*, *Dessinateur*, *Contremaître* etc... dans les spécialités les plus diverses : *Électricité*, *T. S. F.*, *Mécanique*, *Chaudronnerie*, *Automobile*, *Aviation*, *Métallurgie*, *Mines*, *Architecture*, *Charpente*, *Topographie*, *Chimie*, *Industrie du froid*, *Exploitation agricole*, *Industrie agricole*, *Élevage*, etc.

Demandez l'envoi gratuit et franco de la brochure n° 579.

Vous y trouverez également des renseignements complets sur les autres sections de l'École Universelle :

*Classes primaires complètes.*
*Classes secondaires complètes.*
*Grandes Écoles spéciales.*
*Carrières administratives.*
*Carrières commerciales.*
*Langues vivantes.*
*Orthographe, Rédaction, Calcul, Dessin, Ecriture.*
*Marine marchande.*
*Études musicales*

Outre cette brochure, l'ÉCOLE UNIVERSELLE vous fournira, également, à titre gracieux, tous les renseignements personnels qu'il vous plaira de lui demander sur toutes études et carrières.

**ÉCOLE UNIVERSELLE, 59, Bd Exelmans, Paris (16e)**

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS (VI^e^)

# LA SCIENCE MODERNE

Revue Mensuelle illustrée (80 pages, 19 × 27)
Paraissant en France, en Belgique, en Suisse et au Canada.

Directeur-fondateur, L.-J. DALBIS; Secrétaire de la rédaction, R. CEILLIER

## COLLABORATEURS

**Achard**, prof. à la Faculté de Médecine de Paris.
**Anthony (R.)**, prof. au Muséum.
**Berget**, prof. à l'Institut océanographique.
**Bigourdan**, de l'Institut.
**Blondel**, de l'Académie des Sciences.
**Bouvier**, de l'Académie des Sciences.
**Branly**, de l'Académie des Sciences.
**Breuil**, prof. à l'Institut de Paléontologie.
**Defos du Rau**, agr. de l'Université.
**Eydoux**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Frigon**, direct. de l'Ecole Polytechnique de Montréal.
**Gendreau**, direct. de l'Institut du Radium du Canada.
**Godard**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Gossot** (Général), direct. des Etudes à l'Ecole Polytechnique.
**Guillet**, dir. de l'Ecole Centrale.
**Gutton**, prof. à la Faculté des Sciences de Nancy.
**Laubeuf**, de l'Acad. des Sciences.
**Launay** (de), de l'Académie des Sciences.
**Lecomte**, de l'Académie des Sciences.
**Lecornu**, prof. à l'Ecole Polytechnique.
**Le Gavrian**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Lereboullet**, prof. agr. à la Faculté de Médecine de Paris.
**Lumière (Aug.)**, corr. de l'Académie de Médecine.
**Matignon**, prof. au Collège de France.
**Mesnager**, de l'Académie des Sciences.
**Mestre**, prof. à la Faculté de Droit.
**Montpetit**, secrétaire de l'Université de Montréal
**Nicolardot**, dir. du Bureau international de Chimie.
**Olmer**, prof. à l'Institut Catholique.
**Prou**, dir. de l'Ecole des Chartes.
**Regaud**, dir. de l'Institut du Radium.
**Roule**, prof. au Muséum.
**Rousselot**, prof. au Collège de France.
**Termier**, de l'Acad. des Sciences.
**Vallée**, prof. à la Faculté de Méd. de Québec.
**Wery**, dir. de l'Institut Agronomique.

— PRIX DE L'ABONNEMENT —

France : Un an, **35** fr. ; 3 mois, **9** fr. — Étranger : Un an, **50** fr. ; 3 mois, **13** fr.

*Les abonnements peuvent partir du 1^er^ de chaque mois.*
*Adresser le montant des abonnements à la Librairie*

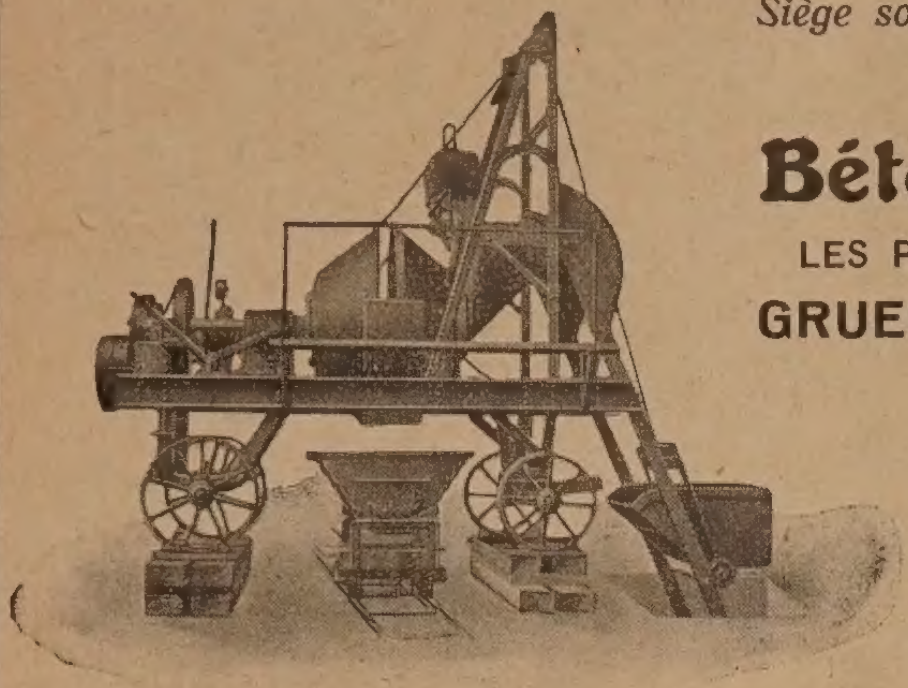
J.-B BAILLIÈRE et FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS (VI^e^)

# Les Chantiers de Gerland

## SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE MATÉRIEL D'ENTREPRENEURS

*Siège social :* **123, Rue de Gerland — LYON**

R. C. Lyon B 1.667



## Bétonnières " ROLL "

LES PLUS ROBUSTES, LES PLUS RÉPANDUES

**GRUES-PYLONES** automotrices et Grues à distributeur de béton

**TREUILS** à engrenages et à friction

Appareils de concassage, criblage et lavage

Presses pour agglomérés

Toutes installations mécaniques de chantiers

**Bureaux à Paris : 124, av. Victor-Hugo (16e)**

*Téléphone : PASSY 86-49*

# Encyclopédie Technologique et Commerciale

PAR

**E. D'HUBERT**
Professeur
à l'Ecole supérieure
de Commerce de Paris.

**H. PÉCHEUX**
Sous-directeur
de l'Ecole d'Arts et Métiers
de Lille.

**A.-L. GIRARD**
Directeur
de l'Ecole de Commerce
de Narbonne.

Collection nouvelle en 24 vol. in-16 de 100 pages avec figures. 3 fr.

## I. — LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION.

1. — Le bois et le liège..... 3 fr.
2. — Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre..... 3 fr.
3. — Les chaux et ciments, les produits céramiques..... 3 fr.
4. — Les verres et cristaux, le diamant et les gemmes .... 3 fr.

## II. — LA MÉTALLURGIE.

5. — Les minerais, les métaux, les alliages..... 3 fr.
6. — Les fers, fontes et aciers..... 3 fr.
7. — Les métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium)..... 3 fr.
8. — Les métaux précieux (mercure, argent, or, platine) ... 3 fr.

## III. — LA GRANDE INDUSTRIE CHIMIQUE.

9. — Les matières premières (eau glacée, air liquide, combustibles) ..... 3 fr.
10. — Les matières éclairantes (pétrole, gaz d'éclairage, acétylène)..... 3 fr.
11. — Le chlorure de sodium, le sel, les potasses, les soudes. 3 fr.
12. — Les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique..... 3 fr.

## IV. — LES PRODUITS CHIMIQUES.

13. — L'oxygène, l'ozone, l'ammoniaque, les vitriols, les aluns 3 fr.
14. — Le salpêtre, les explosifs, les phosphates et les engrais, le phosphore et les allumettes..... 3 fr.
15. — Les couleurs, les matières colorantes, la teinturerie... 3 fr.
16. — Les parfums, les médicaments, les produits photographiques ..... 3 fr.

## V. — LES PRODUITS INDUSTRIELS ANIMAUX ET VÉGÉTAUX

17. — Les corps gras, savons et bougies..... 3 fr.
18. — Le cuir, les os, l'ivoire, l'écaille, les perles..... 3 fr.
19. — Les textiles, les tissus, le papier..... 3 fr.
20. — Le caoutchouc, la gutta, le celluloïd, les résines et les vernis ..... 3 fr.

## VI. — LES PRODUITS ALIMENTAIRES.

21. — Les aliments animaux (viande, œufs, lait, fromage.). 3 fr.
22. — Les aliments végétaux (herbages, fruits, fécules, pain). 3 fr.
23. — Les boissons (vin, bière, vinaigre, alcools, liqueurs).. 3 fr.
24. — Les sucres, le cacao, le café, le thé..... 3 fr.

AJOUTER 10 P. 100 POUR FRAIS D'ENVOI.

ENTREPRISE DE TRAVAUX PUBLICS

# BRESSET & RENOUF

*27, Rue Auguste-Blanche, PUTEAUX (Seine)*
Téléphone : WAGRAM 57-67. — PUTEAUX 94

BÉTON ARMÉ TOUTES APPLICATIONS

*Plancher économique B.R., breveté S.G.D.G.*

**Constructions Industrielles — Ouvrages d'Art**
**Maçonnerie — Entreprises Générales**

GROS TERRASSEMENTS
par engins mécaniques (Pelles à vapeur, excavateurs)

# Bétons Armés HENNEBIQUE

**A L'ÉPREUVE DU FEU**
(Systèmes brevetés S. G. D. G.)

DIRECTION & BUREAU TECHNIQUE CENTRAL
**1, rue Danton, PARIS (VIe)**
Adr. télégr. : HENNEBIQUE-PARIS. — Tél. : FLEURUS 43-43

*GRANDS PRIX A TOUTES LES EXPOSITIONS*

Tous travaux de Bétons Armés

**PLUS DE 1.000 AGENTS**
**ET ENTREPRENEURS-CONCESSIONNAIRES**

*RENSEIGNEMENTS, BROCHURES ET AVANT-PROJETS*
*GRATUITEMENT SUR DEMANDE*

# OUVRAGES RECOMMANDÉS
## AUX TECHNICIENS ET HOMMES D'AFFAIRES

**Pour les renseignements d'ordre général dont ils peuvent avoir couramment besoin.**

## Dictionnaires Larousse

ENCYCLOPÉDIQUES ET ILLUSTRÉS

**Les livres de références que tout le monde doit posséder, véritables modèles du genre, présentant dans l'ordre alphabétique, sous la forme la plus pratique, une documentation considérable dans tous les ordres de connaissances.**

*Éditions de tous prix*

**Larousse en treize volumes,** en deux parties (*Nouveau Larousse illustré* en 8 vol., *Larousse mensuel* en 5 vol.), **1 100** fr. (payables 65 fr. par mois ; comptant 5 %).

**Larousse Universel, en deux vol.** (en cours de publication). Prix de souscription actuel (mai 1923), **175** fr. (payables **15** fr. tous les deux mois ; comptant 5 %).

**Petit Larousse illustré, en un volume, 20** fr.

*Prospectus spécimens sur demande.*

## Memento Larousse

**Petite encyclopédie de la vie pratique, contenant en un seul volume la grammaire, l'arithmétique, la géographie, les sciences, le droit usuel, etc...** *Cartonné,* **15** fr. *Relié toile,* **17 fr. 50.**

## La Comptabilité

par G. Sorrpn. **Traité simple et pratique.** *Broché,* **7** fr. *Relié toile,* **10 fr. 50.**

## Annuaire Général

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

**Édition 1923. Des chiffres et des renseignements précis sur tous les pays du monde au point de vue financier, commercial, industriel, etc...** *Relié toile,* **40** fr.

*Prospectus sur demande.*

**En vente chez tous les Libraires et Librairie Larousse, 13-17, rue Montparnasse, Paris (6e)**

*Ajouter 10 % pour envoi franco.*

MANUEL

de la

# Construction en Ciment

## et en Ciment armé

# A LA MÈME LIBRAIRIE

**Résistance des matériaux, Théories générales. Poutres droites isostatiques et hyperstatiques**, par Bertrand de Fontviolant, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1 vol. gr. in-8 de 580 pages, avec 168 fig. (Encyclopédie du Génie civil et des Travaux publics).
Broché..... 45 fr.
Relié..... 55 fr.

**Matériaux de construction. Les pierres**, par A. Mesnager, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers. 1 vol. gr. in-8 de 514 pages, avec 110 figures.
Broché..... 45 fr.
Relié..... 55 fr.

**Manuel de la coupe des pierres**, par M. Mugnier, Entrepreneur de Travaux Publics. 1 vol. in-18 de 268 pages. avec 169 figures. Cartonné..... 14 fr.

**Manuel des Pavages, Carrelages, Mosaïques**, par M. Daubray, Ingénieur des Arts et Métiers, Directeur d'Usine céramique. 1 vol. in-18 de 373 pages, avec 146 figures. Cartonné..... 14 fr.

**Manuel de maçonnerie**, par Cabiac, Ingénieur des Arts et Métiers. 1 vol. in-8 de 268 pages, avec 221 figures. Cartonné..... 12 fr.

**Chaux et ciments**, par E. Leduc, 3e édition, 1923. 1 vol. in-16 de 468 pages, avec 91 figures..... 15 fr.

— La Science Moderne, revue mensuelle illustrée (80 pages, 19 × 27) paraissant, en France, en Belgique, en Suisse et au Canada. Directeur fondateur, L.-J. Dalbis ; secrétaire à la rédaction, R. Geillier.

Prix de l'abonnement : France et Belgique : un an, 35 fr. ; 3 mois : 9 fr. — Autres Pays : un an, 50 fr. ; 3 mois, 13 fr. ; Prix du numéro : France et Belgique, 3 fr. 50 ; Autres Pays, 5 fr.

Les abonnements peuvent partir du 1er de chaque mois.

BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE
Publiée sous la direction de M. René DHOMMÉE
Inspecteur général de l'Enseignement technique

# MANUEL
## de la
# Construction en Ciment
## et en Ciment Armé

PAR
Marcel CHANSOU
Ingénieur des Arts et Manufactures

AVEC 338 GRAVURES DANS LE TEXTE

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE & FILS
19, rue Hautefeuille, 19
—
1925

MANUEL

de la

# Construction en Ciment

## et en Ciment armé

---

## PREMIÈRE PARTIE

### PRINCIPES THÉORIQUES DE LA CONSTRUCTION EN CIMENT ET EN CIMENT ARMÉ

---

### CHAPITRE PREMIER

#### GÉNÉRALITÉS

La construction d'un ouvrage de maçonnerie nécessite deux sortes de matériaux.

Le *matériau de remplissage* qui se présente sous forme de blocs de volume variables selon qu'il doit être maniable (brique, moellon) ou qu'il sera seulement déplacé à l'aide d'appareils (pierre de taille). Les qualités désirables pour ce premier matériau sont la dureté, la résistance, l'imperméabilité, l'ingélivité, la régularité de forme, la rapidité de mise en œuvre et le bon marché.

Il s'en faut de beaucoup que chacun des matériaux en usage réunisse ces qualités qui heureuse-

ment ne sont pas toutes indispensables dans chaque cas d'emploi.

L'autre matériau appelé *liant* est employé à l'état pâteux. Il va combler les interstices laissés par le premier matériau, régularise les assises, complète l'enchevêtrement des blocs et les soude entre eux.

Les liants utilisés couramment sont : le *ciment*, la *chaux* et le *plâtre*. Ces produits jouissent de cette propriété que, gâchés avec l'eau, ils donnent une pâte plastique qui durcit plus ou moins rapidement en adhérant fortement aux matériaux qu'elle enveloppe.

**Mortiers.** — S'il fallait se servir de chaux ou de ciment pur comme liant, la construction serait très onéreuse puisque le volume du vide laissé par les gros matériaux varie de 3/100 pour la pierre de taille, à 22/100 pour la brique et 30/100 pour la meulière et le moellon brut.

Par économie, on ajoute donc une matière inerte qui fera du volume. Celle-ci ne devra pas nuire à l'action du liant et sera aussi résistante que les gros matériaux employés, sinon les ruptures se produiront infailliblement dans les joints. Enfin, le produit doit être assez fin pour remplir tous les trous, facile à trouver en tous lieux à bas prix.

Le sable répond à toutes ces conditions ; bien plus, il n'est pas absolument inerte vis-à-vis de la chaux et du ciment puisque leur mélange ou *mortier* donne un produit bien supérieur en résistance à ces matériaux pris séparément.

**Bétons.** — Si, comme matériau de remplissage on emploie des blocs plus petits, il devient possible de les manipuler à la pelle et de les mélanger au mortier avant la mise en œuvre. On obtient alors un *béton :*

Béton { Matériaux à gros grains.
Mortier { sable
chaux ou ciment

Suivant les usages auxquels il est destiné, le béton est fait de gravillon, de cailloux, de pierre cassée, de briquaillons, de mâchefer, etc...

**Prise et durcissement.** — Le mortier est gâché avec une quantité d'eau suffisante pour le rendre plastique. C'est grâce à cet état qu'il peut s'introduire dans tous les interstices des blocs qu'il lie entre eux parce qu'en durcissant il s'accroche à toutes les aspérités. Il a encore sur ces matériaux exempts de toute souillure (terre, plâtre, peinture, suie, etc...) une adhérence considérable sans laquelle le premier mode de liaison serait tout à fait insuffisant : le mortier adhère bien plus solidement aux matériaux lisses et propres que rugueux mais souillés.

Le mortier une fois en œuvre *fait prise*, c'est-à-dire passe à l'état solide. Ce phénomène, de nature différente pour la chaux, le ciment et le plâtre n'est pas brusque, et le commencement et la fin en sont également difficiles à délimiter. En pratique, on considère la prise comme terminée quand le mortier ou le béton résiste sans se déformer à une faible pression du doigt.

Un mortier qui a fait prise mais qui n'a pas encore durci peut être remalaxé avec de l'eau : on dit qu'il est *rebattu*. Sur les chantiers, il arrive fréquemment qu'il reste du mortier non employé à la fin d'un travail et il est d'une très mauvaise pratique de l'employer rebattu ou mélangé à du mortier frais, parce qu'il ne fait pas une nouvelle prise : il refuse de durcir et tombe en poussière. Le *durcissement* commence dès la prise ; mais le mortier n'atteint sa résistance maximum qu'après des années.

**Chaux, ciment, plâtre.** — Voisins par l'usage, ces matériaux ont des propriétés très différentes d'où dépendent leurs cas d'emploi et leur mode de mise en œuvre. Il est nécessaire de connaître les propriétés de chacun d'eux pour éviter toute confusion, bien qu'ici, seul le ciment nous intéresse.

**Chaux grasse.** — La chaux vive, produit de la calcination du calcaire, se présente sous la forme d'une pierre légère, blanc-grisâtre. Au contact de l'eau la chaux s'éteint : elle absorbe une partie de l'eau, gonfle, s'échauffe et tombe en poussière. Avec un excès d'eau, elle donne une pâte blanche qui sert à faire le mortier.

La prise de la chaux grasse est due à la cristallisation de l'hydrate de chaux. Celle-ci ne se produit qu'après la mise en œuvre parce qu'elle était empêchée auparavant par l'excès d'eau de la pâte. Pour cette raison, la chaux grasse ne doit pas être employée sous l'eau, où sa prise serait indéfiniment retardée.

Le durcissement est dû à l'absorption par la

chaux du gaz carbonique de l'air qui régénère le carbonate de chaux initial. On conçoit que ce phénomène puisse durer très longtemps et même ne pas se produire si l'air est dépourvu de gaz carbonique ou s'il ne peut atteindre le mortier.

**Ciment.** — Le ciment provient de la calcination d'un mélange en proportions convenables de calcaire et d'argile. Les blocs obtenus sont réduits par broyage en poudre impalpable. Le ciment est composé essentiellement de chaux, d'alumine et de silice combinés pour former plusieurs produits. Une faible proportion de chaux libre suffit à modifier les propriétés du ciment. Gâché avec de l'eau, le ciment s'hydrate et la cristallisation des nouveaux corps formés constitue la prise.

Le durcissement commence aussitôt après la prise. Il nécessite à ses débuts la présence d'eau ; mais continue ensuite sans conditions spéciales.

**Chaux hydraulique.** — La chaux hydraulique est un produit intermédiaire entre la chaux grasse et le ciment. Elle participe des propriétés de ces deux corps et fait prise sous l'eau : son emploi, comme celui du ciment, suit donc immédiatement le gâchage.

La chaux hydraulique s'est substituée à la chaux grasse dans la plupart des applications.

**Plâtre.** — Le plâtre provient de la calcination à basse température de la pierre à plâtre ou gypse.

Gâché avec de l'eau, il fait prise en quelques minutes. La prise consiste en l'absorption d'eau pour donner du plâtre hydraté en petits cristaux

enchevêtrés. Le durcissement n'est pas un phénomène chimique : il est dû à la dessication.

L'eau détruit les ouvrages en plâtre, mais conserve ceux en ciment. Le plâtre attaque le fer mais reste sans action sur le bois, tandis qu'au contraire le ciment conserve le fer mais attaque le bois.

Le plâtre adhère bien au béton sec, tandis que le béton n'adhère pas au plâtre. En faible épaisseur, le mortier de ciment se fendille au contact du plâtre.

**Ciment armé.** — Depuis très longtemps l'usage existait d'incorporer du fer au béton et à la maçonnerie dans le but de liaisonner les blocs entre eux et de les rendre moins sujets à rupture.

Une application également ancienne consiste à ancrer des fers (1) dans la maçonnerie par l'intermédiaire de blocs de béton qui d'une part font corps avec la maçonnerie et de l'autre retiennent le fer par adhérence.

Toutefois, ces applications ne constituent pas ce qu'on appelle à proprement parler le ciment armé.

Le ciment armé, qu'il est bien plus logique d'appeler *béton armé*, est le mode de construction qui consiste à n'utiliser pour la réalisation de pièces quelconques que du béton de ciment dans lequel des armatures d'acier sont disposées d'une façon logique pour que l'ensemble puisse résister

1. Les termes fers et aciers sont couramment employés comme synonymes des mots : barres et armatures sans égard à la nature du métal.

à n'importe quel genre d'effort fixé à l'avance.

Cette association des deux matériaux béton et acier n'a été rendue possible que parce qu'un heureux hasard a voulu qu'à la fois leur adhérence mutuelle soit considérable, leur dilatation identique, leur inattaquabilité absolue et enfin que leurs propriétés de résistance se complètent.

**Avantages de la construction en béton armé.** — Ce procédé de construction, après avoir été longtemps tenu en suspicion, prend actuellement un développement considérable en raison de ses nombreux avantages et on peut prévoir que ses applications deviendront de plus en plus étendues.

Diverses raisons ont retardé sa propagation :

L'incertitude, au début, de sa théorie et la difficulté du calcul pour lequel il ne peut exister de méthode simple ;

Les insuccès enregistrés et dus à plusieurs causes : erreurs de calcul ou d'exécution, mauvaise qualité des matériaux, main-d'œuvre inexpérimentée, décoffrage ou chargement prématuré ;

La méfiance du public qui ne se rend pas compte de la façon dont travaille le ciment armé, croit la construction instable et fragile en l'absence de fers apparents et considère chaque construction nouvelle comme une expérience empirique dont la réussite est une question de chance.

Or, actuellement, le calcul étant d'une absolue certitude, et les moyens de mise en œuvre parfaitement déterminés, cette appréhension doit disparaître.

Un bâtiment en béton est d'une exécution relativement rapide et peut être édifié en un lieu quelconque, grâce au faible cube de matériaux nécessaire et à la facilité de leur division et de leur transport.

En dehors de l'application au bâtiment, on a exécuté en béton armé toutes sortes de travaux : ponts, quais, barrages, réservoirs, canalisations pieux, pylones et plus récemment des bateaux, des ponts roulants, des wagons, des plaques de blindages. C'est dire que ses applications sont multiples et chaque jour en apporte de nouvelles.

Le béton armé concurrence avec succès la contruction en fer. En règle générale, quand les planchers supportent des surcharges supérieures à 500 kilogrammes par mètre carré et quand la portée des poutres ne dépasse pas 10 mètres, le béton armé est de 5 à 30 0/0 plus économique que le fer.

Le béton armé ne demande aucun entretien parce qu'il n'est attaqué par aucun des agents de destruction ordinaires. Sa durée indéfinie dans l'air et dans l'eau le fait préférer au fer même dans maint cas où l'économie n'existe plus. La contruction métallique, au contraire, nécessite des visites périodiques pour le remplacement de rivets et la réfection de la peinture.

La liaison complète de tous les éléments entre eux fait de la construction en béton un bloc unique et indéformable. Les immeubles en béton armé résistent aux tremblements de terre, aux bombardements et aux explosions.

On connaît le cas d'un vaste immeuble construit à Tunis qui, s'étant fortement incliné par suite d'un effondrement du terrain, a pu être redressé tout d'une pièce avec ce seul inconvénient que le rez-de-chaussée était devenu sous-sol.

Des bâtiments ont été élevés sur des terrains vaseux impropres à toute fondation. Le sous-sol forme une vaste coque flottante sur laquelle repose le bâtiment qui se déplace sans aucun dommage avec le niveau des eaux.

Enfin, le béton armé résiste à l'action du feu, ce qui est un avantage énorme sur tous les autres modes de construction. Quoique non combustibles les constructions métalliques sont complètement ruinées par l'incendie ; les poutres perdent à chaud toute résistance et s'effondrent, tandis que la dilatation renverse les murs. Les colonnes de fonte se brisent comme du verre sous le jet des lances d'incendie.

Toutefois, cette propriété du béton n'existe que sous certaines conditions qui seront examinées plus loin.

On a parfois reproché au béton armé son défaut d'esthétique. Pour des contructions industrielles, la question a peu d'importance ; pour les immeubles d'habitation, on peut parfaitement masquer le béton par une façade en briques ou en pierre de taille. Il existe aujourd'hui des produits qui, appliqués en enduit, imitent à s'y méprendre le grain et la couleur de la pierre naturelle.

Les détracteurs du système notent encore la

difficulté de pratiquer après coup des ouvertures ou des scellement, par suite de la dureté du matériau.

On conviendra qu'il y aurait mauvaise grâce à reprocher au béton sa trop grande résistance et préférer un avantage éventuel à une qualité durable. A ce raisonnement, la construction en torchis semblerait être l'idéal.

**Historique du béton armé.** — La première application connue date de 1855. Le constructeur Lambot exécuta un canot avec du mortier de ciment armé d'un treillis métallique qui figura à l'Exposition universelle de Paris. Il est curieux de constater que cette application à la construction de bateaux est devenue depuis quelques années de pratique courante.

En 1865, le jardinier Monier construisit des caisses à fleurs d'après le même principe. C'est lui le premier qui pensa à appliquer le procédé au bâtiment. Il fit breveter des systèmes de planchers, de couvertures et de réservoirs.

La technique du nouveau matériau se développa rapidement en France, en Allemagne et aux Etats-Unis.

Cependant, dans ce dernier pays les tendances sont très différentes des systèmes européens. Les Américains construisent des charpentes en fer calculées pour porter toutes les charges et le béton ne forme qu'une enveloppe protectrice sans coopérer à la résistance.

En France, les progrès ont été rapides grâce aux études des constructeurs MM. Bordenave, Coignet,

Cottancin, Hennebique, etc... M. Considére en 1900, présenta le béton fretté dont les propriétés remarquables ont ouvert le champ à de nouvelles applications.

**Résistance des matériaux.** — Les éléments qui composent une construction ne sont pas tous soumis à des efforts de même nature, et les matériaux employés à la construction ne sont pas aptes à résister indifféremment à ces genres d'effort.

Il convient donc d'étudier séparément les efforts dans chaque pièce du bâtiment ; puis les propriétés des matériaux dont on dispose, et de construire chaque pièce avec ceux des matériaux les plus convenables pour résister aux forces en jeu.

**Effort de compression.** — On dit qu'une pièce est comprimée quand agissent à ses extrémités des forces qui tendent à l'écraser.

Les pièces comprimées peuvent avoir une orientation quelconque ; mais dans le bâtiment elles sont presque toujours verticales. Tel est le cas d'un piltier, ou des assises d'un mur.

**Rupture par compression.** — Quand une pièce est comprimée au delà de ce qu'elle est capable de supporter, elle se rompt, mais cette rupture peut se produire de deux façons différentes :

1° PAR ÉCRASEMENT, si la pièce comprimée s'affaisse en se désagrégeant, sans avoir tendance à se renverser d'un côté plutôt que d'un autre ;

2° PAR FLAMBAGE, si la pièce fléchit avant de se rompre.

**Première expérience.** — Prenons plusieurs bâtons

de craie de différentes longueurs et soumettons-les à des pressions de plus en plus fortes à l'aide du petit appareil représenté à la figure 1. Faisons croître la force de compression en versant progressivement des grains de plomb dans la balance.

Nous constaterons les résultats suivants :

*a*) Les pièces supportent avant de se rompre des charges d'autant plus fortes qu'elles sont plus courtes ;

*b*) Les bâtons de longueur inférieure à 5 centimètres sont toujours rompus par écrasement ;

*c*) Les bâtons de longueur supérieure à 10 centimètres sont toujours rompus par flambage.

*d*) Entre ces deux limites, il y a rupture tantôt d'une façon tantôt de l'autre.

En principe, si la charge est bien appliquée au centre des faces extrêmes de la pièce, il n'y a pas de raison pour que celle-ci plie d'un côté plutôt que d'un autre ; la rupture devrait toujours avoir lieu par écrasement. Mais, dans la pratique, il est impossible de réaliser un chargement absolument symétrique : autant dire qu'on puisse faire tenir une toupie immobile sur sa pointe. De plus, il n'est pas certain que toutes les parties de la pièce soient également résistantes et la flexion s'amorcera du côté affaibli. Enfin, même si la charge était bien appliquée au centre il suffirait d'une chiquenaude appliquée par le travers de notre bâton de craie pour déterminer une légère flexion qui, détruisant la symétrie, amènerait le flambage.

**Deuxième expérience.** — Prenons deux règles

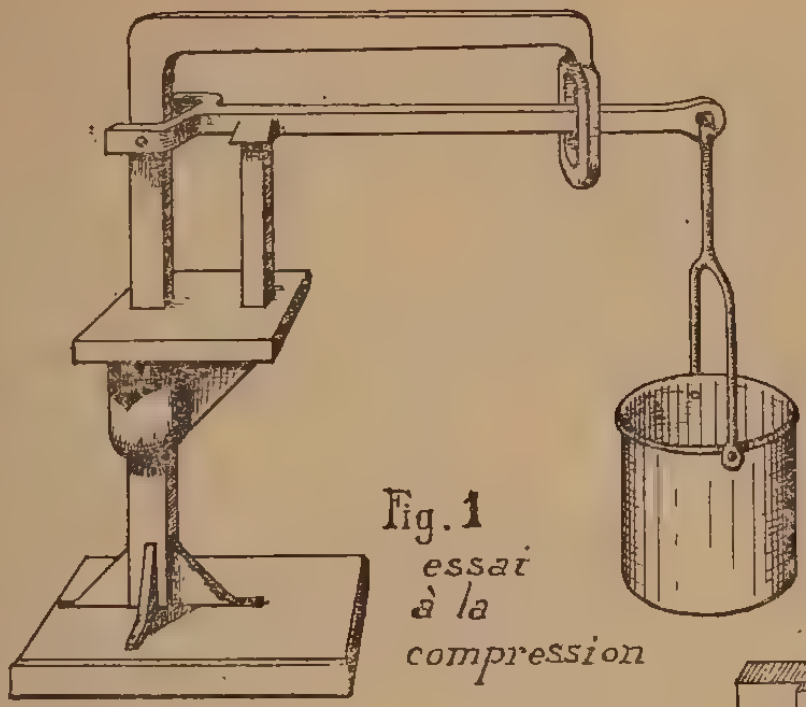


Fig. 1
*essai à la compression*

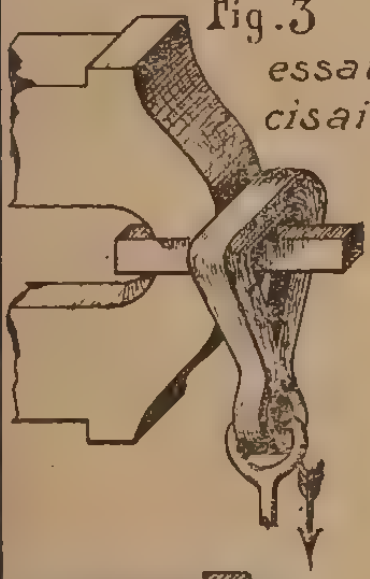


Fig. 3
*essai au cisaillement*

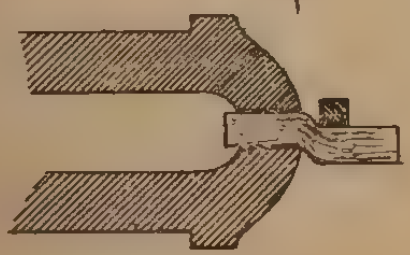


Fig. 3bis

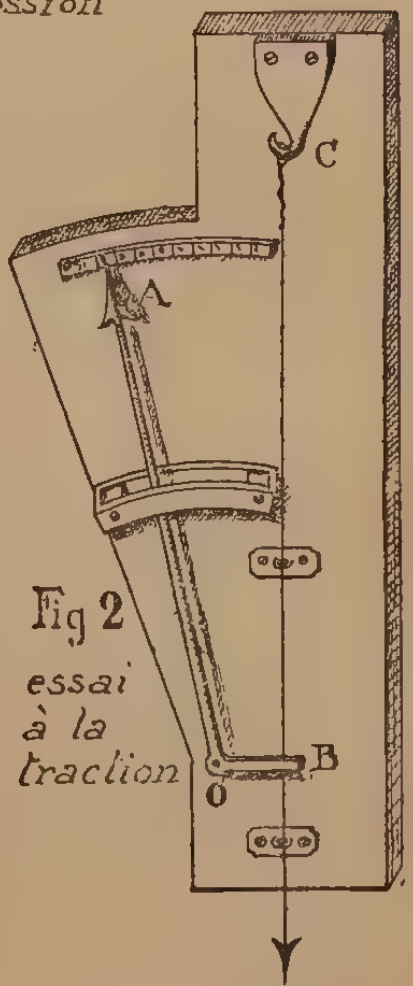



Fig 2
*essai à la traction*

de section égale 100 millimètres carrés, mais dont l'une est à section carrée de 10 millimètres de côté, tandis que l'autre est plate et de 50 millimètres de largeur sur 2 millimètres d'épaisseur. Si nous chargeons un élément très court de chaque échantillon, nous trouvons la même résistance pour les deux ; mais, si nous prenons des éléments de plus en plus longs, la règle carrée se montre plus résistante que la règle plate. Cette dernière se rompt par flambage bien avant que la règle carrée ait manifesté sa fatigue.

**Résistance des matériaux à la compression.** — Tous les matériaux employés dans la construction résistent bien à la compression. Tous se comportent de la même façon quand ils sont chargés : les phénomènes observés avec des *éprouvettes* en bois, en acier, en fer, en fonte, en béton ou en pierre sont analogues à ceux qui viennent d'être décrits. Il ne faut, toutefois comparer entre elles que des pièces faites d'un même matériau.

Avec des appareils plus puissants, plus précis et capables d'enregistrer en les amplifiant les variations de longueur des éprouvettes, nous observerions les faits suivants :

Au début, plus on charge la pièce, plus elle se raccourcit et, si la charge vient à disparaître, elle reprend sa longueur primitive, et il ne lui reste ensuite aucune trace de *fatigue*. Cependant, ce phénomène ne s'observe que si on n'atteint pas une charge maximum appelée *charge limite d'élasticité*.

Passé cette limite, la pièce continue à se rac-

courcir quand la charge augmente ; mais elle ne revient plus à sa longueur primitive lorsqu'on supprime la charge. La pièce a été trop fatiguée et il lui reste une *déformation permanente*. Tel est le cas d'un ressort à boudin que l'on a trop comprimé et qui ne revient plus à sa forme première.

Enfin, la charge augmentant toujours, la pièce subit un raccourcissement plus rapide et elle se rompt quand on a atteint la *charge de rupture à la compression*.

Il y a danger, dans la construction, dès que l'on dépasse la charge limite d'élasticité parce que les alternatives de chargements et de déchargements successifs produisent des déformations permanentes qui s'ajoutent jusqu'à ce que rupture s'en suive, sans qu'on n'ait jamais atteint la charge de rupture.

Dans la pratique, on pousse la prudence encore plus loin et la *charge de sécurité* qu'on ne doit jamais dépasser est encore bien au-dessous de la charge limite d'élasticité. L'expérience a prouvé que cette précaution n'est pas superflue car il existe quantité de facteurs qui influent sur la résistance des matériaux et dont on ne saurait tenir compte dans un calcul. Il faut aussi toujours prévoir que les surcharges d'un bâtiment puissent accidentellement dépasser les prévisions.

Ces résistances de sécurité sont, par centimètre carré de section : *(Voir tableau page suivante)*

Ces chiffres s'entendent pour des pièces courtes où le flambage n'est pas à craindre.

Dès que la longueur de la pièce comprimée

dépasse cinq fois la plus faible dimension de sa section, la charge de sécurité diminue, d'abord lentement puis rapidement.

| | Charge de rupture | Charge de sécurité |
|---|---|---|
| Acier doux à béton.. . | 5.000 kgs. | 1.000 à 1.200 kgs |
| Beton à 300 kgs. de ciment (âgé de 90 jours). | 160 kgs. | 45 kgs. |
| Béton à 400 kgs. de ciment..... ..... | 200 kgs. | 55 kgs. |

Quand le rapport de ces deux dimensions appelé *élancement* atteint 20, le flambage est à redouter et la résistance est déjà diminuée d'un tiers ; quand il atteint 80, la résistance est diminuée de 9/10. Dans la deuxième expérience, la règle plate fléchissait la première parce que l'élancement était cinq fois plus grand que pour la règle carrée.

On remédie en partie à ce grave inconvénient en réunissant les piliers entre eux par des entretoises qui maintiennent fixes leurs points d'attache, diminuant ainsi la *longueur libre* et augmentant la charge de sécurité.

Il résulte de ces considérations :

1° Qu'il y a danger à allonger des piliers prévus à un projet, même s'ils continuent à supporter les mêmes charges ;

2° Qu'il ne faut pas supprimer les pièces qui

entretoisent les piliers, ni les changer de place, même si leur utilité n'apparaît pas au premier abord ;

3° Qu'il ne faut pas remplacer un pilier par un autre dont la section a une surface équivalente mais une forme moins massive ;

4° Qu'il faut superposer les piliers exactement les uns aux autres, pour qu'il ne se produise pas d'effort de flexion anormal qui augmenterait les risques de flambage.

**Effort de traction.** — On dit qu'une pièce est tendue quand agissent à ses extrémités des forces qui tendent à l'allonger.

Tels sont l'*entrait* et le *poinçon* d'une ferme, ou les *aiguilles* d'un pont.

**Rupture par traction.** — Il n'existe qu'un mode de rupture par traction : la pièce se coupe dans une section de moindre résistance. Il n'est plus question de flambage, puisqu'au contraire, plus la tension augmente, plus la pièce tend à devenir rectiligne.

Les matériaux ne présentent pas tous la même résistance à cet effort. Tandis que le bois, le fer et l'acier se comportent très bien, la fonte, le béton, la pierre ne donnant aucune sécurité.

**Troisième expérience.** — Suspendons un fil de fer très fin à un clou C (fig. 2) et tendons-le verticalement en accrochant à l'autre extrémité le plateau d'une balance. Coïnçons le fil dans une entaille à l'extrémité B d'une aiguille AB qui oscille autour d'un axe O. Chargeons progressivement le plateau et observons l'allongement du

fil amplifié par l'aiguille. Le phénomène est comparable à celui de la compression :

Le fil s'allonge avec la charge et revient à sa longueur initiale quand celle-ci disparaît.

Il existe une *charge limite d'élasticité* passé laquelle il se produit une *déformation permanente.* Enfin, les allongements deviennent plus rapides jusqu'à ce qu'on atteigne la *charge de rupture.*

Le fer est le type des matériaux qui supportent bien la traction. Sous l'effort de charges trop fortes, il prévient de sa *fatigue* par son allongement, alors qu'il est encore temps de parer au danger.

**Quatrième expérience.** — Il est possible avec cet appareil rudimentaire d'essayer à la traction un bâton de craie en fixant les deux extrémités dans des godets remplis de plâtre et accrochés à de robustes tiges de fer dont l'allongement est négligeable sous les charges appliquées.

Les résultats de cette expérience sont absolument différents du cas précédent :

Les allongements sont si minimes que l'appareil ne les décèle pas. La charge croît sans effet apparent, puis brusquement survient la rupture.

Des essais successifs faits avec d'autres éprouvettes semblables donnent des charges de rupture très variables. Une torsion, une flexion latérale ou le plus léger choc suffisent à provoquer la rupture sous de très faibles charges.

La craie résiste très mal à la traction et le béton, la pierre, la fonte sont dans le même cas.

L'acier offre un cas spécial : il existe des aciers

de toutes nuances depuis l'acier extra-doux, malléable comme le fer, jusqu'à l'acier extra-dur qui est très fragile et se rompt comme dans la deuxième expérience, quoique sa charge de rupture soit bien supérieure à celle de l'acier doux.

L'*acier dur* par sa haute résistance permettrait donc une grosse économie de tonnage, s'il n'était presque impossible à travailler et aussi cassant.

C'est pourquoi l'*acier doux* encore très résistant, forgeable à froid et à allongement normal est préféré par la plupart des constructeurs.

Les résistances à la traction sont, en kilogrammes, par centimètre carré de section :

| | Charge de rupture | Charge de sécurité |
|---|---|---|
| Fer | 3 200 | 800 |
| Acier doux | 4. .000 | 1.000 à 1.200 |
| Béton à 400 kgr | 11 | 0 |

On remarque que les résistances à la traction du fer et de l'acier sont égales à leurs résistances à la compression ; tandis que pour le béton, elle n'en est que le vingtième.

**Effort de cisaillement.** — Le cisaillement est l'effort que subit une pièce quand une force, agissant par son travers, tend à la rompre par glissement d'une section sur la section voisine.

**Cinquième expérience.** — Serrons une barre de plomb entre les mâchoires d'un étau horizontal

(fig. 3) et suspendons le plateau d'une balance par l'intermédiaire d'un étrier en acier.

Quand nous chargeons le plateau, la fatigue au cisaillement n'apparaît pas jusqu'au moment où la charge de rupture est atteinte. Alors, sous la poussée de la barre d'acier, le glissement commence, la section de la barre de plomb s'étrangle (fig. 3 *bis*) et le glissement s'accentue rapidement jusqu'à rupture complète.

Il existe encore dans ce cas une charge limite d'élasticité passé laquelle il se produit une déformation permanente ; mais notre appareil est trop peu sensible pour la déceler.

Le fer et l'acier résistent convenablement au cisaillement. Le béton y résiste encore assez bien quoiqu'il faille se défier de sa fragilité au choc.

Les résistances au cisaillement sont, en kilogrammes, par centimètre carré de section :

| | Charge de rupture | Charge de sécurité |
|---|---|---|
| Acier doux..... | 3 000 | 800 à 960 |
| Béton à 300 kgr ..... | 65 | 4,5 |
| Béton à 400 kgr ..... | 85 | 5,5 |

**Effort de flexion.** — L'effort de flexion est celui d'une pièce maintenue seulement par ses extrémités et qui supporte des charges distribuées d'une manière quelconque sur sa longueur.

Cet effort qu'on se représente aisément parce qu'il est fréquent dans la pratique est cependant

beaucoup plus difficile à analyser que les précédents.

Sixième expérience. — Prenons une règle en bois de section carrée et faisons-la reposer librement à ses extrémités sur deux supports (fig. 5).

De loin en loin, sur les faces supérieures et inférieures, faisons quelques traits de scie et plaçons dans les entailles de petits prismes de bois, juste coincés pour que ceux de la face inférieure ne tombent pas par leur propre poids (fig. 6).

Enfin, suspendons au milieu de la règle le plateau d'une balance et chargeons progressivement comme il a déjà été expliqué.

La règle commence à fléchir, le coin A tombe, puis les coins B, et enfin les coins C, tandis que les coins A', puis B', enfin C' sont serrés dans leurs entailles.

L'expérience démontre donc :

1° Que les fibres de la face inférieure de la règle se sont allongées puisque les entailles se sont ouvertes, alors que les fibres de la face supérieure se sont raccourcies puisque les entailles se sont resserrées.

La face inférieure est donc tendue et la face supérieure comprimée et il existe dans l'épaisseur de la règle un plan horizontal de fibres au repos qui ne sont ni comprimées ni tendues ;

2° Que les effets de la flexion sont plus accentués au milieu de la règle que près des appuis puisque les entailles du milieu sont les premières à manifester.

Septième expérience. — Recommençons la même expérience avec une règle semblable mais dont les deux extrémités sont maintenues de façon à ne pas pouvoir fléchir. On dit alors que la pièce est *encastrée* à ses extrémités ; tandis qu'elle était à *appuis libres* dans le premier cas.

Quand la règle commence à fléchir sous la charge (fig. 7) les entailles A et B, A' et B' se comportent comme dans le cas précédent quoique la flexion soit moins accentuée pour même charge déposée dans le plateau. Les entailles C et C' se comportent en sens inverse : C se resserre et C' **s'entr'ouvre.**

L'expérience démontre donc que dans une pièce encastrée :

1° Près des appuis les efforts sont renversés : la face supérieure est tendue et la face inférieure comprimée ;

2° Les efforts de flexion sont moindres au milieu de la pièce et à charge égale que lorsque les appuis sont libres.

Huitième expérience. — Constituons une règle par des bandes de carton superposées et libres et marquons à l'encre sur la tranche de cette règle un certain nombre de traits de repère verticaux (fig. 8).

Quand nous faisons plier la règle ces lignes s'inclinent en montrant que les bandes glissent les unes par rapport aux autres, ce qui démontre l'existence d'un effort de cisaillement dans le sens longitudinal ; il en existe un également dans le

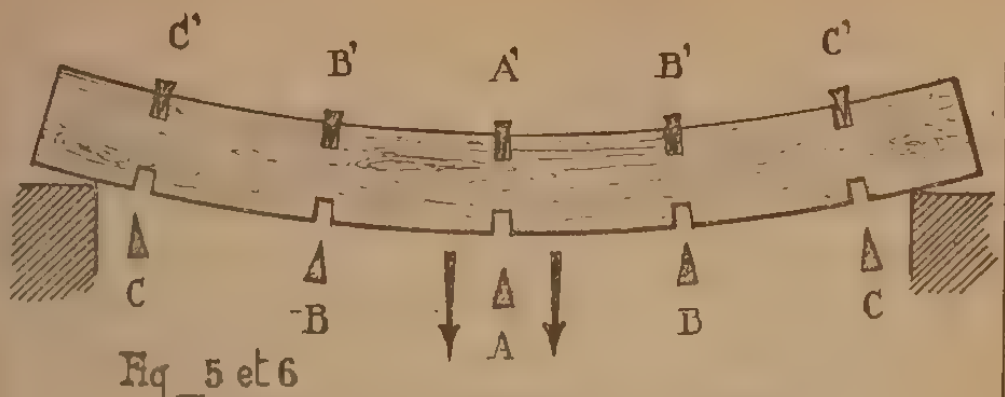
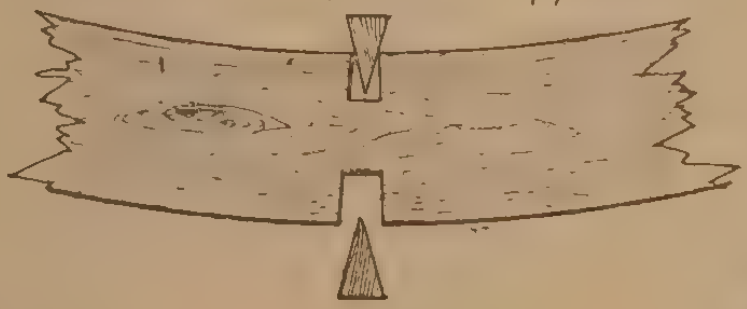



Fig 5 et 6
*Flexion d'une pièce a appuis libres*



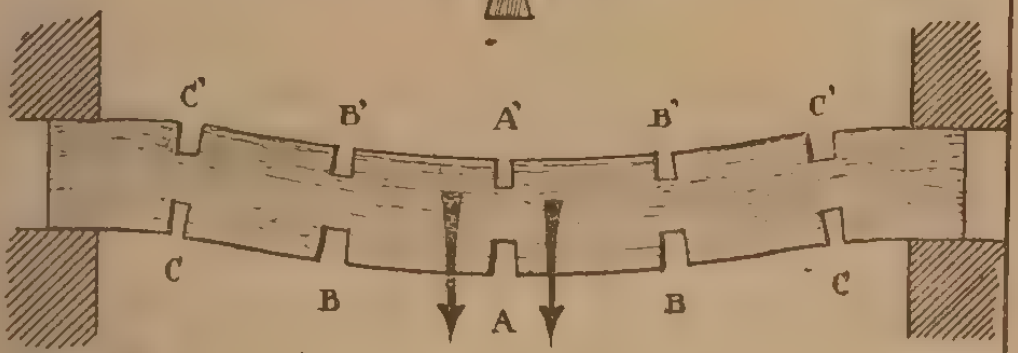



Fig 7. *Flexion d'une pièce à appuis encastrés*

Fig 8 *Flexion avec glissement longitudinal*

sens vertical, mais qu'il est plus difficile de mettre en évidence par une expérience.

Au total, la résultante de ces deux efforts de cisaillement est oblique et variable en grandeur et en direction suivant les cas.

**Rupture par flexion.** — Cette rupture peut survenir de nombreuses manières :

1° Les fibres tendues de la pièce ne sont pas assez résistantes, et il apparaît une fissure en A qui va s'élargissant jusqu'à ce que la pièce se rompe ;

2° Les fibres comprimées ne sont pas assez résistantes et c'est la partie supérieure A' qui cède en s'écrasant ;

3° Dans le cas des pièces encastrées, les mêmes défauts peuvent produire la rupture de la pièce près des appuis ;

4° La pièce peut se rompre sous l'effet du cisaillement, surtout près des appuis.

**Résistance des matériaux à la flexion.** — Il résulte de l'étude sommaire qui précède que la flexion n'est pas un genre nouveau d'effort mais une combinaison d'efforts de tension, de compression et de cisaillement répartis dans la pièce d'une manière que seul le calcul permet de déterminer.

Une pièce fléchie peut être construite avec un seul matériau si celui-ci (bois ou fer) est apte à résister aux trois efforts ou avec plusieurs matériaux qui résistent chacun à l'un ou plusieurs des efforts.

C'est le principe des constructions mixtes : fer et bois, fer et fonte et surtout béton armé.

Une pièce en béton armé, logiquement étudiée, doit donc comporter du béton partout où il existe des efforts de compression et de l'acier là où se manifestent les efforts d'extension.

Pour les efforts de cisaillement auxquels le béton résiste assez bien, les avis sont partagés selon que les constructeurs sont plus ou moins audacieux. En général, on ne laisse supporter au béton qu'une partie de cet effort de façon à ne courir aucun risque en cas de fissuration.

# CHAPITRE II

## CONSTRUCTION RAISONNÉE DES PIÈCES EN BÉTON ARMÉ

Il est maintenant facile d'expliquer la façon dont doit être composée une pièce quelconque en béton armé lorsqu'on connaît à l'avance les efforts qu'elle aura à supporter.

Le fait que des constructeurs adoptent des *systèmes* à eux particulier ne signifie pas qu'ils puissent s'affranchir à leur guise des principes généraux qui viennent d'être énoncés, mais qu'ils emploient des moyens différents pour les appliquer, soit qu'ils visent à l'économie des matériaux, du matériel ou de la main-d'œuvre, soit encore qu'ils s'attachent à suivre la théorie de plus ou moins près.

### Tirant

Le tirant est une pièce soumise à un effort de traction auquel l'acier seul résiste convenablement ; aussi peut-on constituer simplement un tirant par une ou plusieurs barres d'acier de section convenable.

Dans la construction en béton armé, le béton apporte à l'acier une protection contre la rouille et le feu, aussi quoiqu'il n'ait dans ce cas particulier aucune utilité pour la résistance constitue-t-on un tirant de la façon suivante :

Des barres d'acier d'une seule longueur au nombre minimum de quatre, sont disposées comme l'indique la figure 9 à intervalles de 2 à 4 centimètres noyées dans du béton et recouvertes par une couche extérieure de protection de 4 centimètres d'épaisseur.

Si un tirant horizontal atteint une certaine longueur on peut songer à l'armer comme une poutre pour résister à la flexion sous l'effet de son propre poids. On préfère, en général, se débarrasser de cette sujétion en le suspendant de distance en distance aux pièces placées au-dessus de lui à l'aide d'autres tirants verticaux constitués d'une manière analogue.

Calcul d'un tirant. — Le calcul rigoureux est des plus faciles. La section totale des barres mesure autant de centimètres carrés que la force agissante comprend de fois 1.200 kilogrammes.

Exemple : Réaliser un tirant résistant à une traction de 20 tonnes.

La section totale d'acier est :

$$S = \frac{20.000}{1.200} = 16{,}66 \text{ centimètres carrés.}$$

Le tableau XIII, indique qu'on obtient les sections suivantes de métal :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17,58 cm² | avec | 7 fers de 18 mm. | de diamètre |
| 17,02 | — | 6 fers de 19 | — |
| 17,32 | — | 5 fers de 21 | — |
| 16 64 | — | 4 fers de 23 | — |

et on constituera le tirant d'une des quatre manières suivantes :

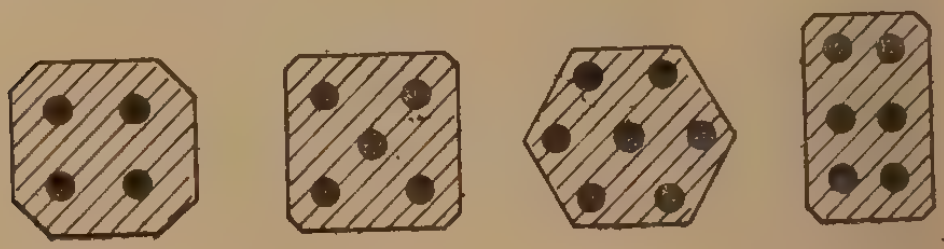


Fig. 9-10-11-12

## Poteau

Le poteau est le type même de la pièce comprimée ; il supporte les charges verticales des murs, des poutres et des planchers qui s'appuient sur lui.

On pourrait donc le construire uniquement en fonte, en acier où en béton puisque ces matériaux séparément résistent bien à la compression.

A charge égale, un poteau en béton est plus volumineux qu'un poteau en fonte, mais il est plus économique et plus stable ; aussi emploie-t-on des poteaux en béton même dans des constructions où les autres éléments sont en matériaux différents.

**Résistance au flambage.** — Il ne semble pas nécessaire à première vue de pourvoir d'une armature un poteau en béton. Il faut cependant que

celui-ci puisse résister au flambage. Supposons que le flambage se produise vers la droite (fig. 13) ; c'est-à-dire que le poteau fléchisse comme s'il était soumis à une force F venant de gauche.

Fig. 13 et 14

Il en résulte que la face gauche du poteau est comprimée tandis que la face droite est tendue.

Le béton résiste bien sur la face de gauche mais se fissure sur la face de droite, ce qui oblige à armer cette face de barres destinées à supporter l'effort de tension.

En fait, il n'y a aucune raison pour que le flambage se produise à droite plutôt que d'un autre côté, aussi faut-il armer toutes les faces de cette manière.

**Résistance au gonflement.** — Un poteau conçu comme il vient d'être indiqué est encore susceptible de flamber : chaque angle pouvant se décoller longitudinalement et fléchir de son côté (fig.14). La seule force qui s'oppose à ce décollement est l'adhérence du béton à lui-même, autrement dit sa résistance à la traction. Or, l'expérience montre qu'il ne faut pas trop compter sur cette résistance. On est ainsi conduit à placer de distance en distance dans des sections transversales du poteau des ligatures d'acier qui réunissant entre elles les armatures longitudinales s'opposent au gonflement (fig. 15 à 21).

Ces ligatures sont des fers de 5 à 8 millimètres de diamètre et dont l'espacement varie d'un tiers à une fois la plus petite largeur du poteau.

**Résistance à l'écrasement.** — Les résistances de sécurité déjà indiquées pour le béton sont de 45 et 55 kilogrammes par centimètre carré pour les dosages de 300 et 400 kilogrammes de ciment au mètre cube, et dans le cas d'armatures ordinaires ces taux de fatigue ne doivent pas être dépassés.

**Béton fretté.** — Il est cependant possible d'augmenter ces résistances de 10 à 45 0/0 à l'aide d'une disposition spéciale des armatures qu'on appelle le *frettage* et basée sur le principe suivant :

La rupture par écrasement d'une pièce soumise à la compression se produit par boursouflement de la masse dans une section de moindre résistance. On retarde la rupture, c'est-à-dire qu'on rend le béton plus résistant, en l'empêchant de s'épanouir radialement grâce à une armature qui l'enserre à la manière d'un corset.

Ce résultat est acquis d'une première façon en rapprochant les ligatures à la distance de 1/6 à à 1/8 de la largeur du poteau ; mais le grave inconvénient du procédé est la difficulté de confection et de mise en place de ces ligatures.

Il est plus commode de constituer tous les frettes par un même fil encoulé en hélice tout autour de l'armature longitudinale du poteau et le procédé s'applique plus facilement encore aux colonnes cylindriques.

L'application du frettage permet, pour une charge donnée, de réduire l'équarrissage des poteaux. Il rend en outre le béton armé plus résistant aux chocs et aux déformations locales.

**Calcul d'un poteau.** — Le calcul d'un poteau semble, au premier abord, aussi simple que celui d'un tirant, puisqu'il suffit en principe que sa section mesure autant de centimètres carrés que la force agissante compte de fois 45 ou 55 kilogrammes (selon le dosage en ciment).

**Ce résultat est faussé :**

1° Par la présence d'armatures longitudinales qui prennent une partie de la charge en soulageant le béton ;

2° Par la présence de ligatures transversales

qui rendent le béton d'autant plus résistant qu'elles sont plus rapprochées (frettage) ;

3° Par la hauteur du poteau, la forme de sa section et le mode d'attache de ses extrémités (appui libre ou encastré) qui font varier la résistance au flambage dans de très larges limites.

Le barême ci-après ne constitue pas un procédé général de calcul ni de vérification ; mais seulement un moyen de trouver un type de poteau carré, encastré à ses extrémités et capable de soutenir une charge connue à une hauteur déterminée, cas le plus fréquent de la pratique.

On considère une extrémité du poteau comme encastrée si elle s'accroche à un autre élément de béton armé (poutre, semelle, massif) ou encore si elle est enserrée par un dallage.

**Exemple de calcul.** — Déterminer un poteau en béton armé qui puisse supporter une charge de 40.000 kilogrammes à 4 m. 50 de hauteur.

Le tableau I indique un poteau du type VI de section 35 cm. × 35 cm., en béton du dosage de 300 kilogrammes armé longitudinalement de 4 fers de 20 millimètres et transversalement de ligatures en fil de 8 millimètres espacées de 0 m. 20 (fig. 20).

Le tableau II indique un poteau de type V en béton au dosage de 400 kilogrammes.

On aura à choisir entre ces deux modèles.

## TABLEAU I BÉTON A 300 KILOGRAMMES

| Charge en tonnes | HAUTEUR EN MÈTRES | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 6,00 |
| 5 | I | I | I | I | I | I | II | II | II | II |
| 10 | II | II | II | II | II | III | III | III | III | III |
| 15 | III | III | III | III | III | III | III | III | III | III |
| 20 | III | III | III | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV |
| 25 | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV |
| 30 | IV | IV | IV | V | V | V | V | V | V | V |
| 40 | V | V | V | V | VI | VI | VI | VI | VI | VI |
| 50 | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI |
| 60 | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII |
| 70 | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII |

## TABLEAU II BÉTON A 400 KILOGRAMMES

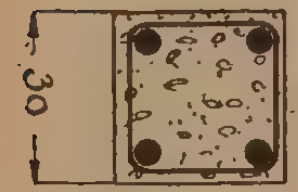
| Charge en tonnes | HAUTEUR EN MÈTRES | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 6,00 |
| 5 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 10 | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II |
| 15 | III | III | III | III | III | III | III | III | III | III |
| 20 | III | III | III | III | III | III | III | III | III | III |
| 25 | III | III | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV |
| 30 | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV |
| 40 | V | V | V | V | V | V | V | V | V | V |
| 50 | V | V | V | V | V | V | V | VI | VI | VI |
| 60 | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI | VI |
| 70 | VI | VI | VI | VI | VI | VII | VII | VII | VII | VII |
| 80 | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII | VII |

I { Equarrissage : 0,12 × 0,12
Barres longitudinales : 4 de 12 mm.
Ligatures de 6 mm. espacées de 0,15

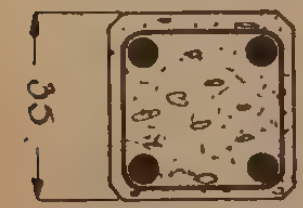
II { Equarrissage : 0,15 × 0,15
Barres longitudinales : 4 de 15 mm.
Ligatures de 6 mm. espacées de 0,15

III { Equarrissage : 0,20 × 0,20
Barres longitudinales : 4 de 15 mm.
Ligatures de 8 mm. espacées de 0,20

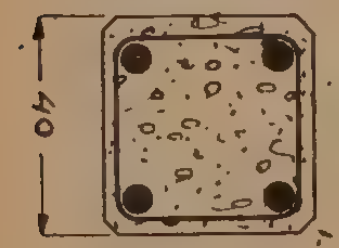
IV { Equarrissage : 0,25 × 0,25
Barres longitudinales : 4 de 18 mm.
Ligature de 8 mm. espacées de 0,20




V { Equarrissage : 0,30 × 0,30
Barres longitudinales 4 de 18 mm.
Ligatures de 8 mm. espacées de 0,20




VI { Equarrissage : 0,35 × 0,35
Barres longitudinales 4 de 20 mm.
Ligatures de 8 mm. espacées de 0,20




VII { Equarrissage : 0,40 × 0,40
Barres longitudinales 4 de 25 mm.
Ligatures de 8 mm. espacées de 0,20

Fig. 15 à 21

## Dalle à appuis libres

C'est une dalle qui est simplement posée sur ses appuis comme la règle de la sixième expérience.

Les efforts qui se manifestent dans une telle dalle sont semblables à ceux de la règle.

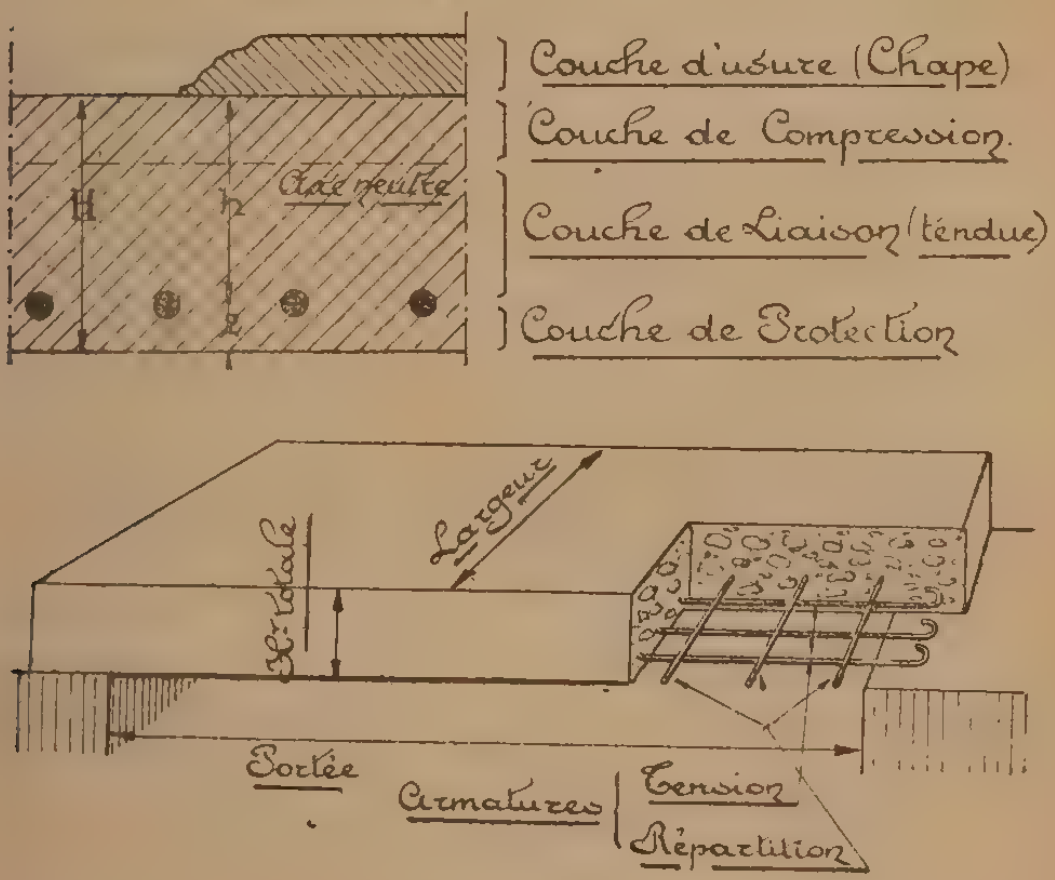



Fig. 22 et 23

Par analogie on continue à appeler *fibre* toute ligne allant directement d'un appui à l'autre à l'intérieur de la dalle en béton, quoique la texture du béton ne soit nullement fibreuse comme celle du bois.

Il existe dans la dalle une fibre neutre qui

sépare la partie supérieure comprimée de la partie inférieure tendue et qui se trouve environ au tiers de l'épaisseur (fig. 22).

**Résistance à la flexion.** — L'effort de compression résultant de la flexion est supporté par le béton de la couche supérieure et l'effort de tension est absorbé par des barres dites *barres directrices* ou *barres de tension* qui sont situées près de la face inférieure de la dalle et qui courent d'un appui à l'autre (fig. 23). Le nombre, le diamètre et l'emplacement de ces barres sont déterminés par le calcul de façon qu'elles résistent à elles seules à la tension ; sans qu'on ait à compter sur l'appoint de résistance du béton de la couche tendue dite couche de liaison (fig. 22). Le béton de cette couche n'a d'autre utilité que de maintenir les fers à écartement normal de la fibre neutre.

Le béton de la couche située sous les armatures sert uniquement à protéger ces armatures de la rouille et du feu ; son épaisseur habituelle est 1,5 à 2 centimètres.

L'enduit ou *chape* qu'on applique après coup sur la dalle quand on doit y circuler est destiné à protéger de l'usure la couche utile du béton. Son épaisseur n'est jamais comprise dans les cotes données par les plans (fig. 22).

Il résulte de ce qui précède que la seule hauteur utile à la résistance de la dalle est $h$ et c'est cette cote qu'il importe avant tout de respecter dans l'exécution.

Si elle était augmentée aux dépens de la couche

de protection, la dalle verrait sa résistance accrue mais la protection des armatures ne serait plus assurée.

Si, par contre, on la diminuait en plaçant les fers trop haut à l'intérieur de la dalle, les résultats seraient désastreux :

Pour fixer les idées, une dalle de 10 centimètres d'épaisseur et de 2 mètres de portée, armée près de la face inférieure de 12 fers de 8 millimètres par mètre courant, peut porter 610 kilogrammes par mètre carré.

Si les fers sont placés à mi-épaisseur de la dalle, celle-ci ne peut plus porter aucune surcharge.

Enfin, s'il sont placés sous la face supérieure de la dalle, elle se rompt sous son propre poids. On se rend compte, en effet, que les fers sont passés dans la couche de compression où ils sont inutiles, tandis que la résistance à la traction assurée par le béton seul est très précaire.

**Résistance au poinçonnement.** — Si on venait à charger fortement la dalle sur un point isolé, il pourrait se produire un enfoncement local ou le décollement d'une tranche de la dalle parallèlement au sens de la portée. Pour éviter cet accident, on complète l'armature par des *fers de répartition* posés directement sur les fers de tension et dans le sens perpendiculaire. Ces fers répartissent une charge isolée sur une plus grande partie de la dalle (fig. 23).

L'effet de poinçonnement est d'autant moins à craindre que le réseau des fers de tension et de

répartition est plus serré. Les fers de tension sont en général au nombre de 8 à 12 par mètre courant de dalle et les fers de répartition de 5 à 10.

Ces derniers ont plus d'importance par leur nombre que par leur section puisqu'ils ne concourent pas à la résistance à la flexion. Ce sont généralement des fils de 5 à 10 millimètres de diamètre qu'on ne calcule pas.

**Hauteur usuelle des dalles.** — Cette hauteur est comprise entre 6 et 14 centimètres. La limite inférieure est due à la difficulté d'assurer la mise en place exacte de l'armature, car, l'erreur est d'autant plus sensible que la dalle est plus mince. Au-dessus de 14 centimètres, le poids mort devient considérable et la solution n'est pas économique.

**Calcul d'une dalle à appuis libres** (1). — Le calcul de cette dalle consiste à déterminer :

1° La hauteur totale *H*,
2° Le nombre et le diamètre des fers de tension par mètre courant de dalle,
3° Le dosage du béton.

Les données du problème sont :

1° La surcharge à porter par mètre carré,
2° La portée *l* de la dalle entre les appuis,

La surcharge est évaluée à l'aide du tableau III, et il n'y a pas lieu de s'inquiéter du poids propre de la dalle dont le barème tient déjà compte.

1. Nous rappelons que, comme dans le cas des poteaux, nous ne donnons ici qu'une solution particulière d'un problème qui en comporte un grand nombre.

Ces tableaux ne sauraient donc être utilisés pour la vérification d'éléments calculés d'autre façon.

Exemple. — Calculer le plancher en béton armé de 2 m. 75 de portée d'un salon dont le sol sera un parquet posé sur lambourdes.

La surcharge à prévoir par mètre carré se décompose ainsi :

| | |
|---|---|
| Lambourdes et scellement..... | 50 kgr. |
| Parquet..... | 20 — |
| Personnes et mobilier..... | 250 — |
| Total..... | 320 kgr. |

Le tableau IV indique pour une surcharge de 350 kilogrammes et une portée de 2,75 que le dosage est de 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de béton, que la hauteur totale à prévoir pour la dalle est de 11 centimètres et que la section totale des fers de tension est 7,2 centimètres carrés par mètre courant de dalle.

TABLEAU III

| Surcharge par m² | | Charge permanente par m² | |
|---|---|---|---|
| Pièce d'habitation..... | 150 kgr. | Chape en ciment..... | 75 |
| Pièce de réception..... | 250 kgr. | Carrelage avec forme. | 80 |
| Salle de réunion..... | 400 kgr. | Parquet..... | 20 |
| Salle de danse.. | 500 kgr. | Lambourdes et scell... | 50 |
| Magasin..... | 600 kgr. | Plafond..... | 30 |
| Docks..... .. | 1.000 kgr. | | |

Le tableau XIII indique que cette section peut être obtenue avec 10 fers de 10 millimètres. Dis-

## TABLEAU IV

| Surcharge en kgr. par mètre carré | | PORTÉE DE LA DALLE EN MÈTRES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 |
| 150 | Dosage | 300 | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | Fers de tens. | 2,4 | 2,6 | 3,1 | 3,9 | 4,7 | 5,0 | 5,8 |
| 200 | Dosage | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| | Fers de tens. | 2,5 | 2,7 | 3,5 | 4,3 | 4,6 | 5,7 | 6,7 |
| 250 | Dosege | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | Fers de tens. | 2,3 | 3,1 | 3,9 | 4,8 | 5,2 | 6,3 | 7,0 |
| 300 | Dosage | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Fers de tens. | 2,5 | 3,5 | 4,3 | 4,7 | 5,8 | 6,6 | 7,2 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 350 | Dosage | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Fers de tens. | 2,7 | 3,7 | 4,7 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 7,8 |
| 400 | Dosage | 300 | 400 | 409 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| | Fers de tens. | 3,0 | 4,0 | 5,1 | 5,7 | 6,7 | 7,2 | 8,1 |
| 450 | Dosage | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 |
| | Fers de tens. | 3,2 | 4,3 | 4,9 | 5,9 | 6,9 | 7,7 | 8,7 |
| 500 | Dosage | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | |
| | Hauteur | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | Fers de tens. | 3,5 | 4,7 | 5,2 | 6,3 | 7,4 | 8,2 | |
| 550 | Dosage | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | |
| | Hauteur | 8 | 8 | 9 | 10 | 12 | 12 | |
| | Fers de tens. | 3,6 | 5,0 | 5,6 | 6,7 | 7,2 | 8,7 | |
| 600 | Dosage | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | |
| | Hauteur | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | |
| | Fers de tens. | 3,9 | 4,7 | 5,8 | 6,6 | 7,5 | 8,3 | |
| 650 | Dosage | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | | |
| | Hauteur | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| | Fers de tens. | 4,1 | 4,9 | 6,0 | 7,1 | 8,4 | | |

tribués sur un mètre courant de largeur, l'espacement de ces fers est 0 m. 10.

Les fers de répartition ne sont pas calculés. On prendra par exemple des fers de 6 millimètres espacés de 15 centimètres.

### Dalle reposant sur les quatre côtés

Le calcul précédent convient pour une dalle à appuis libres dont la longueur est grande par rapport à la portée. C'est le cas le plus défavorable à la résistance.

Il est fréquent, dans la pratique, que la longueur de la dalle ne dépasse pas deux fois sa portée. On peut alors la calculer en tenant compte de l'appui sur ses quatre côtés.

Le béton travaille dans les deux sens de portée, ce qui permet de réduire de façon appréciable la hauteur de la dalle pour les mêmes charges et de réaliser pour des charges usuelles des dalles de 4 à 5 mètres de portée dans chaque sens sans épaisseur exagérée de béton.

Par contre, le réseau de fers de répartition du premier cas prend maintenant une partie de la charge. Ces fers sont calculés exactement et dans l'exécution on devra respecter leurs dimensions et leur nombre.

Il n'est pas possible de donner ici une méthode simple de calcul de ces dalles ; mais on se souviendra qu'elle procure une notable économie de matériaux quand le cas se présente.

## Dalle encastrée

On considère une dalle comme encastrée sur un appui si, l'autre appui étant supposé supprimé, la dalle est susceptible de se maintenir par la seule réaction du premier appui.

C'est le cas d'une dalle liée à une poutre ou à un autre élément du béton armé, ou encore prise

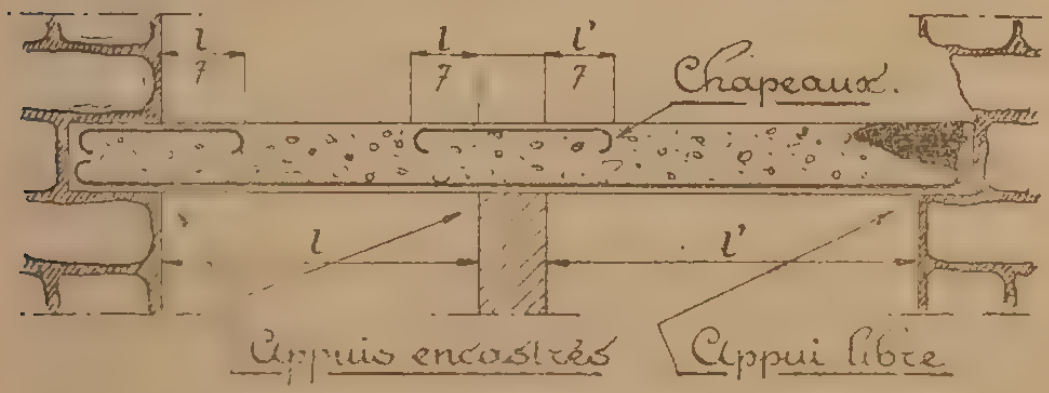



Fig. 24

sous un mur où elle est bloquée énergiquement (fig. 24, 47 et 48).

Les efforts dans une dalle encastrée sont de même nature que ceux de la règle de la septième expérience (fig. 7).

**Résistance à la flexion.** — Les efforts de flexion au milieu de la dalle sont de même sens que ceux d'une dalle semblable qui aurait ses appuis libres, mais réduits de un ou deux dixièmes selon qu'un seul ou que les deux appuis sont encastrés.

On arme la dalle à la flexion de la même manière qu'une dalle à appuis libres ; mais, la re-

marque précédente permet une légère économie de béton et d'acier.

**Résistance aux efforts d'encastrement.** — Près de chaque appui encastré se manifestent, comme dans la règle, des efforts de flexion renversés. On résiste à la tension à la partie supérieure de la dalle par des fers dits *chapeaux* ou *fers d'encastrement* qui s'avancent dans la dalle jusqu'au 1/7 de la portée (fig. 24).

L'effort d'encastrement est au maximum la moitié de l'effort de flexion au milieu de la dalle ; c'est pourquoi la section totale des fers d'encastrement est au plus la moitié de la section totale des fers de tension.

**Calcul d'une dalle encastrée.** — On calcule une dalle encastrée de la même façon qu'une dalle à appuis libres ; mais en réduisant les surcharges de 1/10 si un seul appui est encastré et de 2/10 si les deux appuis sont encastrés.

EXEMPLE. — Calculer une dalle encastrée sur ses deux appuis, de portée 2 m. 20 et supportant une surcharche le 500 kilogrammes par mètre carré.

La surcharge dont on tient compte dans le calcul est réduite aux 8/10 de la surcharge réelle, soit 400 kilogrammes.

Le tableau IV indique pour une surcharge de 400 kilogrammes et une portée de 2 m. 25, que le dosage est de 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de béton, que la *hauteur totale* de la dalle est de 9 centimètres et que la section totale des fers de tension est de 5,7 centimètres carrés par mètre courant de dalle.

Le tableau XIII montre que cette section peut être réalisée avec 12 fers de 8 millimètres de diamètre.

On place comme fers de répartition 8 fers de 6 millimètres par mètre courant.

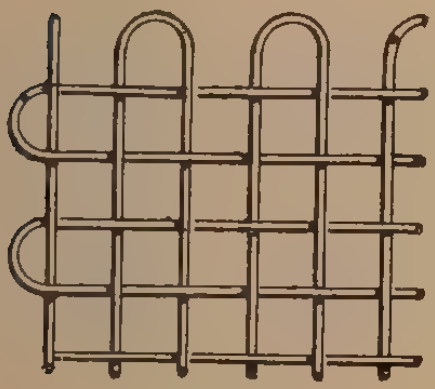
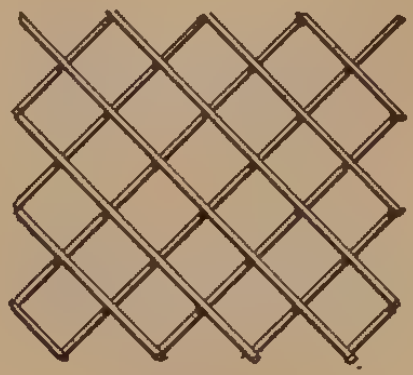


Fig. 25



Fig, 26

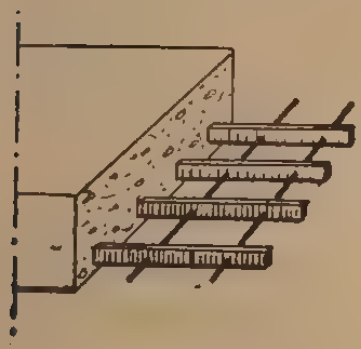


Fig. 27

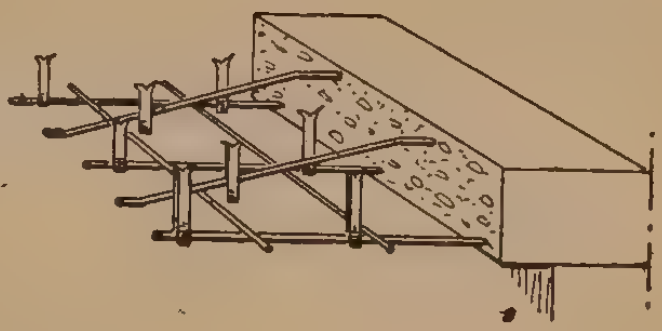


Fig. 28

Enfin, les fers d'encastrement de 8 millimètres seront au nombre de 6 par mètre en sorte que leur section totale sera exactement la moitié de celle des fers de tension. Ils s'avanceront dans la dalle sur 1/7 de la portée soit 0 m. 32.

**Réalisation par les constructeurs.** — Les divers systèmes de dalles employées ne diffèrent entre eux que par la disposition des armatures :

*Système Monier* (fig. 23). — Ce système emploie comme armature deux réseaux de fers ronds disposés l'un en tension, l'autre en répartition Les barres sont ligaturées à chaque croisement pour éviter leur déplacement pendant le bétonnage.

*Système Cottancin* (fig. 25). — Ce système emploie comme armature un treillis de barres rondes entrecroisées dont la rigidité dispense de ligatures.

*Système Hyatt* (fig. 27). — Les barres directrices sont des fers plats percés de trous et posés de champ. Les barres de répartition sont rondes et passent au travers de ces trous, évitant ainsi les ligatures.

*Système Considère* (fig. 21). — Les fers de tension et de répartition sont disposés comme dans le système Monier ; mais on prévoit, en outre, des chapeaux placés sous la face supérieure de la dalle pour résister aux efforts d'encastrement sur les appuis.

*Système Henrebique* (fig. 28). — Ce système permet une économie d'armatures au prix d'un léger surcroît de main-d'œuvre.

Sur chaque appui, une barre directrice sur deux est coudée et vient longer la face supérieure de la dalle en faisant office de barre d'encastrement.

A la face inférieure, près des appuis, il ne reste que la moitié des barres mais celà n'a aucun inconvénient puisqu'il n'y a pas d'effort de tension à vaincre.

*Système Schültzer* (fig. 26). — Les deux ré-

seaux de fers courent obliquement d'un appui à l'autre de façon à coopérer pour une même part à la résistance.

*Système du Métal déployé* (fig. 80). — Ce procédé emploie comme armature un treillis spécial dont les qualités sont remarquables et la mise en œuvre très rapide.

### Poutre rectangulaire à appuis libres

C'est une poutre dont la section est rectangulaire et qui repose sur ses appuis de même façon qu'une dalle à appuis libres.

Les efforts, dans cette poutre, sont de même nature que dans la dalle.

Résistance à la traction. — L'effort de traction sur la face inférieure de la poutre augmente depuis les appuis jusqu'au milieu et il est logique qu'en chaque point de la poutre on proportionne la section de l'armature à l'effort à vaincre plutôt que de conserver de bout en bout l'armature nécessaire pour résister à l'effort maximum qui n'a lieu qu'au milieu. Il résulte de cette pratique une économie importante de métal, dans les poutres, tandis que, dans le cas de la dalle, cette sujétion eût entraîné des complications inadmissibles.

Pour ne pas employer de fers de trop gros échantillon, on est conduit à composer l'armature de tension de plusieurs fers disposés par rangs superposés (fig. 29 et 30).

Les fers du rang inférieur sont ininterrompus

d'appui à appui et même prolongés au delà d'une longueur suffisante pour assurer leur ancrage.

Partant de l'appui de gauche vers le milieu de la poutre, l'effort de tension croît et on rencontre une section X à partir de laquelle les fers du rang inférieur sont insuffisants pour lui résister. C'est là que commencent les fers du deuxième rang.

Quand les fers de ces deux rangs deviendront

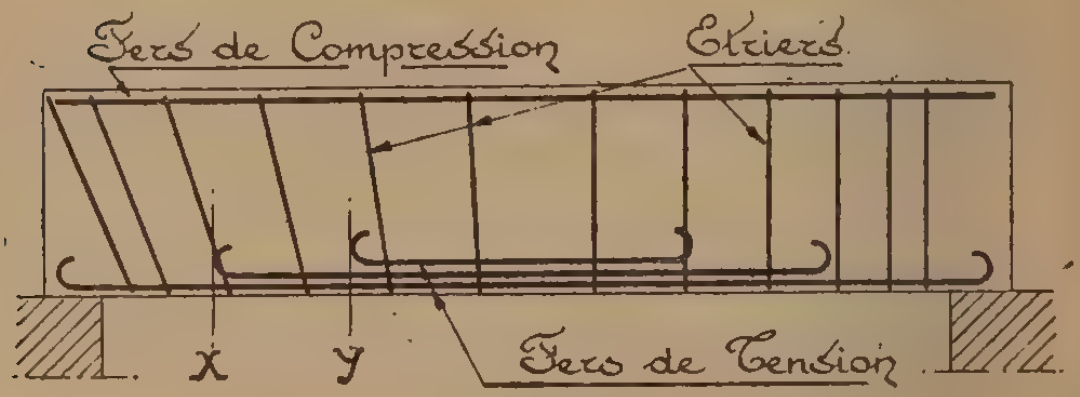



Fig. 29

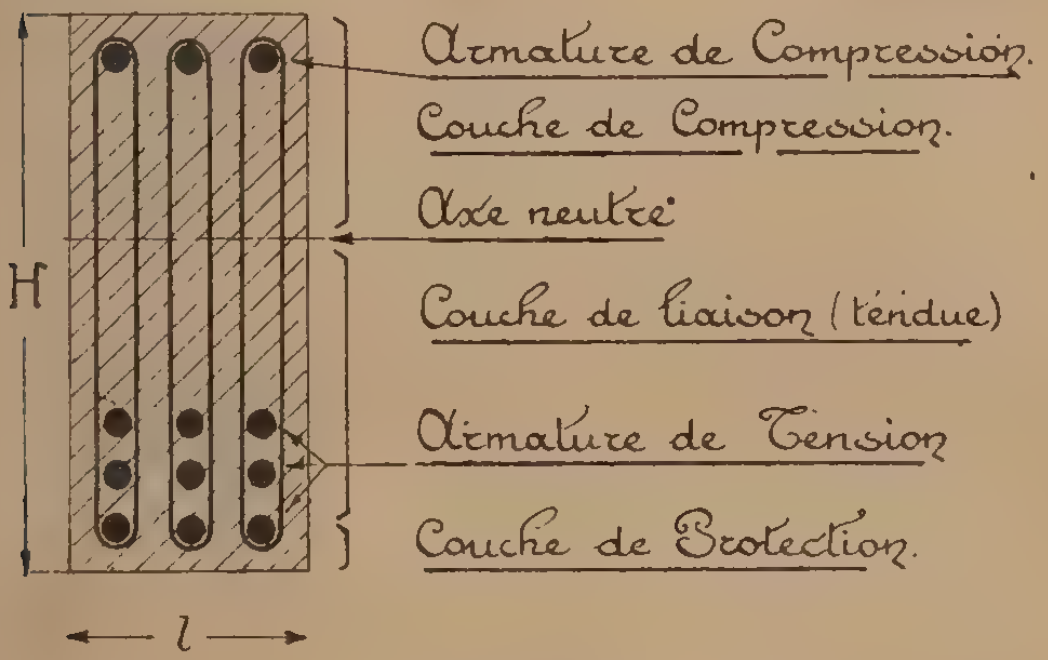
eux-mêmes insuffisants dans la section Y un troisième rang sera nécessaire et ainsi de suite (fig. 29).

Il résulte de là :

1° Qu'il n'y a rien d'absolu à ce que tous les fers de tension ni tous les fers d'une rangée soient d'un même diamètre. L'auteur du projet combine le nombre et le diamètre des fers de façon à obtenir la section totale juste suffisante pour la résistance. Tout excès de métal est une perte ;

2° Que les fers ne sont placés symétriquement par rapport au milieu de la poutre que si les efforts sont eux-mêmes symétriques.

**Résistance à la compression.** — L'auteur du projet donne aux poutres une hauteur suffisante pour que le béton de la zone située au-dessus de l'axe neutre (fig. 30) supporte en totalité la force de compression en travaillant à un taux normal. C'est la solution la plus économique, mais qui donne parfois des hauteurs de poutres exagérées.




Fig, 30

On est alors conduit, si l'on veut diminuer la hauteur, à placer dans la zone comprimée des armatures qui prendront une partie de la charge en soulageant d'autant le béton.

Dans le cas le plus favorable, 1 centimètre carré de section d'acier ne supporte que 800 kilogrammes de compression et ne remplace que 15 centimètres carrés de béton, beaucoup moins coûteux.

Ceci explique suffisamment l'intérêt qu'il y a à éviter une telle solution.

Il est très important que les fers de compression soient situés le plus près possible de la face supérieure de la poutre (2 à 4 cm.) parce que leur efficacité diminue très rapidement quand ils s'en éloignent.

Même dans le cas où ces fers ne sont pas nécessaires à la résistance, on place néanmoins à cet endroit des fers de faible échantillon (8 à 12 m/m.) dont le but est de faciliter la mise en place des barres de tension et des étriers et de résister au gonflement vers le haut de la partie comprimée de la poutre.

Ces barres sont au même nombre que les rangées verticales des barres de tension (fig. 30).

**Résistance au cisaillement.** — L'effort de cisaillement transversal et longitudinal est assez important pour exiger une armature spéciale qui n'était pas nécessaire dans les dalles.

Les barres de tension et de compression, ainsi que le béton résistent bien à l'effort transversale ; mais on est obligé de leur adjoindre des fers appelés *étriers* qui réunissent les fers de tension aux fers de compression (fig. 30) et qui aident le béton à résister au cisaillement longitudinal.

Cet effort va en croissant du milieu de la poutre aux appuis, aussi les étriers sont-ils de plus en plus serrés vers les extrémités.

Certains constructeurs font varier l'orientation des étriers : verticaux au milieu de la poutre, ils

vont en s'inclinant de plus en plus vers l'appui dans le même sens que les claveaux d'un arc appareillé (fig. 29, côté gauche).

Cette disposition est très logique parce qu'elle suit les variations de l'orientation de l'effort de cisaillement ; mais elle est difficile à réaliser pratiquement ; aussi préfère-t-on le plus souvent laisser les étriers verticaux, quitte à les resserrer davantage (fig. 29, côté droit).

On ne place pas d'armature de répartition dans les poutres parce que la largeur est toujours assez faible par rapport à la hauteur pour qu'il n'y ait point de risque qu'une charge porte sur une tranche verticale de la poutre sans que les autres tranches ne soient intéressées à la résistance.

**Calcul d'une poutre ou d'un linteau rectangulaire à appuis libres et supportant une surcharge uniforme.** — Il existe un grand nombre de facteurs variables dans une poutre en ciment armé : Les uns dépendant des circonstances (grandeur et mode de répartition des charges, portée), les autres imposés par le calcul (dosage du béton, hauteur et largeur de la poutre ; disposition, nombre et diamètre des fers).

Il en résulte qu'il existe de multiples façons de réaliser une poutre satisfaisant à des conditions déterminées et que le calcul dans le cas général est long et difficile.

Comme pour les poteaux, les barèmes ci-après permettent de trouver immédiatement un type de poutre dont on connaît la portée et la charge par

mètre courant. Il ne s'applique qu'au cas de *charges uniformément réparties* sur toute la longueur de la poutre.

Enfin, les types de poutres choisis ont les largeurs courantes des murs en briques et en moellon de façon à faciliter l'application dans le bâtiment.

EXEMPLE DE CALCUL. — Déterminer une poutre à appuis libres de 1 m. 90 de portée, de 0 m. 22 de largeur et qui porte une surcharge de 1.700 kilogrammes par mètre courant.

Dans le tableau VIII, correspondant aux poutres de largeur 0 m. 22, on cherche la ligne relative à la portée ; puis la colonne relative à la surcharge, les plus voisines par excès des données du problème.

Le tableau donne les surcharges utiles sans qu'il y ait à tenir compte du poids propre de la poutre.

Dans le cas présent :

A la rencontre de la ligne (portée 2 mètres) de la colonne (surcharge 1.750 kilogr.), on lit :

*Hauteur de poutre* : 30 centimètres.
*Diamètre des fers de tension* : 16 millimètres.
*Diamètre des étriers* : 7 millimètres.

Les autres éléments à déterminer sont :

*Le dosage du béton.* — Le tableau VIII est divisé en deux parties par une ligne brisée en trait fort. La zone au-dessus de cette ligne correspond au béton à 300 kilogrammes et au-dessous au béton de 400 kilogrammes.

Dans le cas présent, le dosage est de 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de béton.

*Le nombre de fers de tension.* — En tête du tableau VIII on lit que ces fers sont au nombre de deux.

*Le nombre et le diamètre des fers de compression.* — Les poutres sont calculées de façon à ne pas nécessiter de gros fers de compression. On placera sous la face supérieure des fers de 8 à 10 millimètres de diamètre en nombre égal aux fers de tension.

*Le nombre et la répartition des étriers.* — Il existe une file d'étriers pour chaque fer de tension. Dans chaque file, le nombre et la répartition des étriers ne dépendant que de la portée sont indiqués par le *tableau V*.

La cinquième ligne de ce tableau montre qu'il y a 10 étriers par file dans une poutre de deux mètres de portée. Elle donne aussi la distance de chacun d'eux à l'appui de gauche. On remarque d'ailleurs que la distribution des étriers est symétrique par rapport au milieu de la poutre.

Dans le cas qui nous occupe où la portée est seulement 1 m. 90, on resserrera légèrement les étriers de façon à regagner les 10 centimètres de différence de longueur avec le cas du tableau.

Le tableau VIII indique qu'il y a deux fers de tension, soit deux files d'étriers semblables. La poutre a donc en tout vingt étriers.

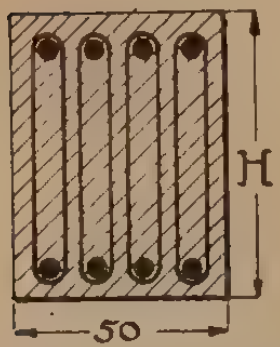
Tous les éléments de la poutre sont maintenant déterminés.

# TABLEAU V

## Répartition des Etriers dans les poutres

| Portée (en m) | Distance de chaque étrier à l'appui de droite (en centimètres) |
|---|---|
| 1,00 | 40 25 10 |
| 1,25 | 50 35 20 10 |
| 1,50 | 60 40 25 10 |
| 1,75 | 75 50 35 20 10 |
| ,00 | 85 60 40 25 10 |
| ,25 | 100 75 55 35 20 10 |
| 50 | 110 85 60 40 25 10 |
| 75 | 125 100 75 50 35 20 10 |
| 00 | 135 110 85 65 50 35 20 10 |

## TABLEAU VI




← 4 Φ de compression de 8 ou 10 mm.

← 4 files d'étriers { Diamètre : tableau VI
Répartition : tableau V

← 4 Φ de tension : tableau VI.

| PORTÉE (en mètres) | | SURCHARGE PAR MÈTRE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 250 | 500 | 750 | 1.000 | 1.250 |
| 1,00 | Hr totale | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Etriers | néant | néant | néant | néant | 6 |
| 1,25 | Hr totale | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| | Etriers | néant | neant | 5 | 5 | 5 |
| 1,50 | Hr totale | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| | Etriers | néant | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 1,75 | Hr totale | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 10 | 12 | 10 | 12 |
| | Etriers | néant | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2,00 | Hr totale | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 2,25 | Hr totale | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 10 | 12 | 14 | 14 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2,50 | Hr totale | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 12 | 12 | 14 | 14 | 14 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 2,75 | Hr totale | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 14 | 14 | 16 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 3,00 | Hr totale | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 12 | 14 | 14 | 15 | 18 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |

**Poutres rectangulaires à appuis libres.** — Largeur : 50 centimètres.

**Dosage :** La ligne brisée en trait fort sépare la zone du béton de 300 kilogrammes au-dessus, de la zone de béton de 400 kilogrammes au-dessous.

| COURANT (EN KILOGRAMMES) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.500 | 1.750 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| 8 | 10 | 10 | 10 | 12 | 10 | 12 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 10 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 14 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| 10 | 12 | 12 | 14 | 12 | 14 | 14 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 12 | 14 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 |
| 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| 12 | 14 | 14 | 15 | 16 | 18 | 18 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 |
| 14 | 14 | 16 | 18 | 18 | 18 | 20 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 40 |
| 15 | 16 | 18 | 18 | 20 | 20 | 18 |
| 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| 25 | 30 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 |
| 18 | 16 | 18 | 20 | 18 | 18 | 20 |
| 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 30 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 | |
| 18 | 18 | 20 | 18 | 20 | 20 | |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | |

## TABLEAU VII

← 3 Φ de compression de 8 ou 10 mm.

← 3 files d'étriers { Diamètre : tableau VI
Répartition : tableau V

← 3 Φ de tension : tableau VII.

| PORTÉE (en mètres) | | SURCHARGE PAR MÈTRE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 250 | 500 | 750 | 1.000 | 1.250 |
| 1 » | Hr totale | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Etriers | néant | néant | néant | 5 | 5 |
| 1,25 | Hr totale | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| | Etriers | néant | néant | 5 | 5 | 5 |
| 1,50 | Hr totale | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| | Etriers | néant | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1,75 | Hr totale | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 2 » | Hr totale | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 10 | 12 | 14 | 12 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2,25 | Hr totale | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 12 | 14 | 14 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 2,50 | Hr totale | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 14 | 14 | 16 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 2,75 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| | Φ tension | 12 | 12 | 14 | 16 | 16 |
| | Etriers | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 3,00 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| | Φ tension | 12 | 14 | 16 | 18 | 18 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |

**Poutres rectangulaires à appuis libres. — Largeur : 35 centimètres.**

**Dosage:** La ligne brisée en trait fort sépare de la zone du béton de 300 kilogrammes au-dessus de la zone du béton à 400 kilogrammes au-dessous.

COURANT (en kilogrammes):

| 1.500 | 1.750 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 |
| 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 |
| 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 |
| 12 | 14 | 14 | 16 | 16 | 16 | 18 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 40 |
| 14 | 14 | 16 | 16 | 18 | 18 | 16 |
| 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 40 | 40 |
| 16 | 16 | 16 | 18 | 20 | 18 | 18 |
| 6 | 7 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 30 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 | |
| 16 | 18 | 18 | 16 | 18 | 20 | |
| 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | |
| 30 | 30 | 40 | 40 | | | |
| 18 | 18 | 16 | 18 | | | |
| 6 | 7 | 6 | 7 | | | |
| 30 | 40 | 40 | | | | |
| 18 | 16 | 18 | | | | |
| 6 | 6 | 6 | | | | |

## TABLEAU VIII

← 2 Φ de compression de 8 ou 10 mm.

← 2 files d'étriers { Diamètre : tableau VIII. Répartitipn : tableau V.

← 2 Φ de tension : tableau VII.

| PORTÉE (en mètres) | | SURCHARGE PAR MÈTRE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 250 | 500 | 750 | 1.000 | 1.250 |
| 1,00 | Hr totale | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| | Etriers | néant | néant | néant | néant | néant |
| 1.25 | Hr totale | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| | Etriers | néant | néant | néant | 5 | 5 |
| 1,50 | Hr totale | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1,75 | Hr totale | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 2,00 | Hr totale | 15 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 12 | 14 | 16 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 2,25 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 14 | 16 | 16 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 |
| 2,50 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 |
| | Φ tension | 12 | 14 | 16 | 16 | 18 |
| | Etriers | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 2,75 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 |
| | Φ tension | 12 | 14 | 16 | 18 | 18 |
| | Etriers | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 3 » | Hr totale | 25 | 25 | 30 | 30 | 40 |
| | Φ tension | 12 | 16 | 16 | 18 | 18 |
| | Etriers | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |

**Poutres rectangulaires à appuis libres. — Largeur :** 22 centimètres.

Dosage: La ligne brisée en trait fort sépare la zone du béton à 300 kilogrammes au-dessus de la zone du béton à 400 kilogrammes au-dessous.

| COURANT (en kilogrammes) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 1.750 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.500 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 14 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 |
| 12 | 14 | 14 | 16 | 16 | 18 | 18 |
| 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 40 | 40 |
| 14 | 16 | 16 | 16 | 18 | 16 | 18 |
| 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 25 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 | |
| 16 | 16 | 18 | 16 | 18 | 18 | |
| 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | |
| 30 | 30 | 40 | 40 | | | |
| 16 | 18 | 16 | 18 | | | |
| 7 | 8 | 7 | 8 | | | |
| 30 | 40 | 40 | | | | |
| 18 | 18 | 18 | | | | |
| 7 | 8 | 8 | | | | |
| 40 | 40 | | | | | |
| 18 | 18 | | | | | |
| 7 | 8 | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |

## TABLEAU IX

← 1 Φ de compression, de 8 ou 10 mm.

← 1 files d'étriers { Diamètre : tableau IX. Répartition : tableau V.

← 1 Φ de tension : tableau IX.

| PORTÉE (en mètres) | | SURFACE PAR MÈTRE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 250 | 500 | 750 | 1.000 | 1 250 |
| 1,00 | Hr totale | 10 | 15 | 20 | 20 | 20 |
| | Φ tension | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 |
| | Etriers | néant | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1,25 | Hr totale | 1 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| | Φ tension | | 10 | 12 | 12 | 14 |
| | Etriers | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 1,50 | Hr totale | 15 | 20 | 25 | 25 | 25 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 12 | 14 | 16 |
| | Etriers | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 1,75 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| | Φ tension | 10 | 12 | 14 | 16 | 16 |
| | Etriers | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 2,00 | Hr totale | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 |
| | Φ tension | 12 | 14 | 16 | 18 | 18 |
| | Etriers | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 2,25 | Hr totale | 25 | 25 | 30 | 40 | 40 |
| | Φ tension | 12 | 16 | 16 | 16 | 18 |
| | Etriers | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 2,50 | Hr totale | 25 | 30 | 30 | 40 | |
| | Φ tension | 14 | 16 | 18 | 18 | |
| | Etriers | 6 | 6 | 7 | 7 | |
| 2,75 | Hr totale | 30 | 30 | 40 | | |
| | Φ tension | 14 | 18 | 18 | | |
| | Etriers | 6 | 6 | 7 | | |
| 3,00 | Hr totale | 25 | 30 | 40 | | |
| | Φ tension | 16 | 18 | 18 | | |
| | Etriers | 5 | 6 | 7 | | |

**Poutres rectangulaires à appuis libres.** — Largeur : 11 centimètres.

Dosage : La ligne brisée en trait fort sépare la zone du béton à 300 kilogrammes au-dessus de la zone du béton à 400 kilogrammes au-dessous.

COURANT (en kilogrammes)

| 1.500 | 1.750 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 |
| 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 | 16 |
| 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 40 | 40 |
| 14 | 16 | 16 | 16 | 18 | 16 | 16 |
| 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| 30 | 30 | 30 | 40 | 40 | | |
| 16 | 18 | 18 | 16 | 18 | | |
| 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | | |
| 30 | 40 | 40 | | | | |
| 18 | 16 | 18 | | | | |
| 8 | 7 | 8 | | | | |
| 40 | 40 | | | | | |
| 18 | 18 | | | | | |
| 8 | 8 | | | | | |

**Poutre rectangulaire à appuis encastrés.** — Le cas est comparable à celui de la dalle encastrée.

L'armature de tension est semblable à celle d'une poutre à appuis libres.

L'effet de l'encastrement est de produire un effort de flexion renversé près des appuis.

On résiste à la tension à la partie supérieure de la poutre par des chapeaux (fig. 35) qui s'avancent jusqu'au 1/10 de la portée et dont la section totale est la moitié de celle des fers de tension.

On peut aussi couder la moitié des barres de tension et les amener sur les faces supérieures de la poutre (fig. 36). L'emplacement des coudes n'est pas quelconque. S'ils sont trop proches des appuis, il peut encore exister un effort de tension sur la face supérieure alors que les barres s'en sont déjà éloignées. Si les coudes sont trop proches du milieu de la poutre, un inconvénient semblable existe sur la face inférieure. La règle à suivre est de se conformer exactement aux cotes des plans d'exécution.

Enfin, les barres de compression (1), lorsqu'elles existent et que leur section totale satisfait à la condition ci-dessus indiquée, tiennent lieu de barres d'encastrement. Dans les cas où ces

1 L'appellation de barres de tension que nous donnons aux armatures longitudinales inférieures est incorrecte dans le cas présent puisqu'elles sont comprimées près des appuis. Nous la conservons cependant parce qu'elle indique que le principal rôle de ces barres est de résister à la traction au milieu de la poutre.

La même remarque s'applique aux barres de com-

barres ne servent qu'à l'attache des étriers, leur section est insuffisante et elles ne dispensent pas des chapeaux ; mais on peut tenir compte de leur section pour diminuer d'autant celle des chapeaux.

EXEMPLE DE CALCUL. — Déterminer une poutre à appuis encastrés de 2 m. 50 de portée, de 0 m. 50

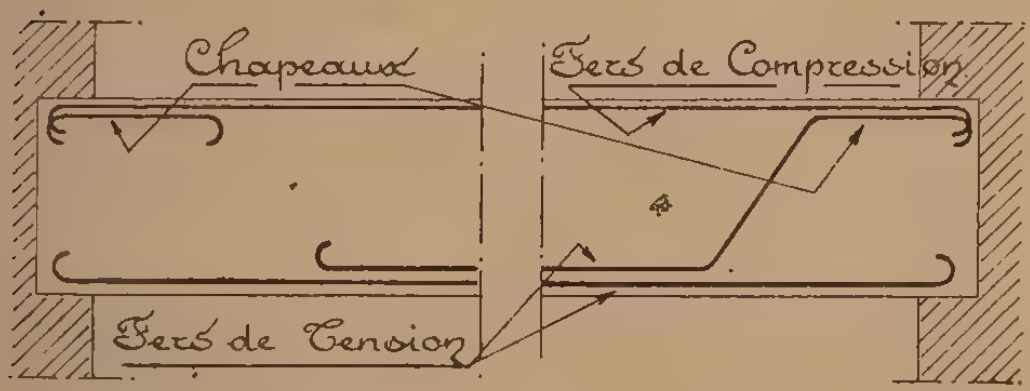



Fig. 35 Fig. 36

de largeur et qui supporte une surcharge de 3.700 kilogrammes par mètre courant.

Du fait de l'encastrement aux deux extrémités de la poutre, on réduira pour le calcul la surcharge de 2/10 de sa valeur. La surcharge fictive est donc d'environ 3.000 kilogrammes.

Le tableau VI donne les résultats suivants :

*Hauteur totale :* 30 centimètres.

pression qui sont tendues aux points elles jouent le role de barres d'encastrement sur les appuis.

La dénomination de barres directrices dans les poutres est employée pour désigner indifféremment toutes les armatures longitudinales de tension, de compression et d'encastrement.

*Fers de tension :* 4 fers de 20 millimètres de diamètre.

*Dosage* à 400 kilogrammes de ciment.

*Fers de compression :* 4 fers de 8 ou 10 millimètres de diamètre.

*Etriers :* 7 millimètres de diamètre.

La septième ligne du tableau V indique la répartition des 12 étriers de chaque file.

*Fers d'encastrement :* leur section totale est la moitié de celle des fers de tension. On les constitue par deux fers de 20 millimètres de diamètre s'avançant de 0 m. 35 à partir des appuis.

## Dalle nervée

Supposons qu'avec les connaissances dont nous disposons jusqu'ici, nous voulions réaliser un plancher en béton armé de portée supérieure à trois mètres. Deux solutions se présentent :

**Première solution. — Dalle d'épaisseur uniforme.** — Nous avons déjà montré l'inconvénient des dalles de hauteur supérieure à 14 centimètres. Imaginons cependant une dalle à appuis libres (fig. 37) ayant les caractéristiques suivantes :

Portée : 8 mètres.
Hauteur totale : 0 m. 50.
Section des fers de tension par mètre courant de dalle : 27 cmc.
Dosage du béton : 400 kilogrammes.

Le calcul montre que cette dalle extrêmement lourde et coûteuse est juste capable de porter son propre poids.

On peut diviser l'épaisseur de la dalle en trois zones qui dans le cas actuel ont les hauteurs suivantes :

Zone de compression : 17 cm
Zone de liaison : 28 cm.
Zone de protection : 5 cm.

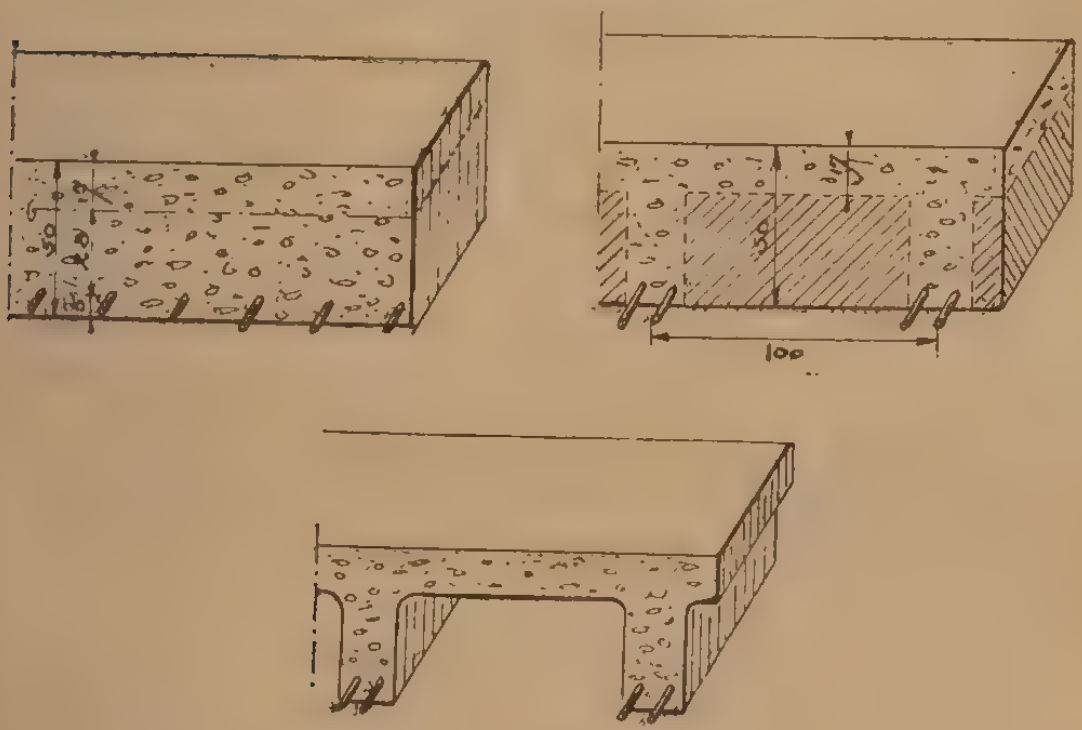



Fig. 37-38-39

Supposons qu'au lieu de réaliser la section totale de 27 centimètres des fers de tension au moyen de petites barres distribuées dans toute la largeur de la dalle, on concentre ces barres de mètre en mètre sur une largeur de 0 m. 20 seulement (fig. 38). On pourra même remplacer ces multiples petits fers par d'autres plus gros, pourvu toutefois qu'ils aient une section totale équivalente.

Toute la partie du béton hachurée sur la figure est devenue inutile, puisqu'elle ne servait qu'à protéger les fers et à les maintenir à l'écartement convenable de l'axe neutre.

Si nous supprimons ce béton, non seulement nous ne compromettons pas la résistance de la dalle, mais encore, nous bénéficions de la diminution de poids et de prix du béton. Nous obtenons une dalle nervée (fig. 39) qui peut porter maintenant une surcharge égale au poids du béton dont nous venons de l'alléger, soit 650 kilogrammes par mètre carré.

**Deuxième solution. — Dalle à appuis libres reposant sur des poutres rectangulaires.** — C'est la disposition représentée par la figure 40. Les dalles isolées sont calculées pour porter la surcharge d'une poutre à l'autre et les poutres sont calculées pour porter les dalles et leur surcharge d'un appui à l'autre.

Réalisons par exemple un plancher de ce système répondant aux caractéristiques suivantes :

**Dalle**
- Portée : 1 m. 80.
- Hauteur : 0 m. 10.
- Fers de tension : 12 fers de 8 m/m par mètre.
- Béton à 400 kgs.

**Poutre**
- Portée : 6 mètres.
- Hauteur totale : 0 m. 70.
- Largeur : 0 m. 20.
- Fers de tension : 6 fers de 16 m/m.
- Béton à 400 kgs.

Le calcul montre qu'un tel plancher peut supporter une surcharge de 500 kilogrammes par mètre courant.

Remplaçons alors la poutre rectangulaire par

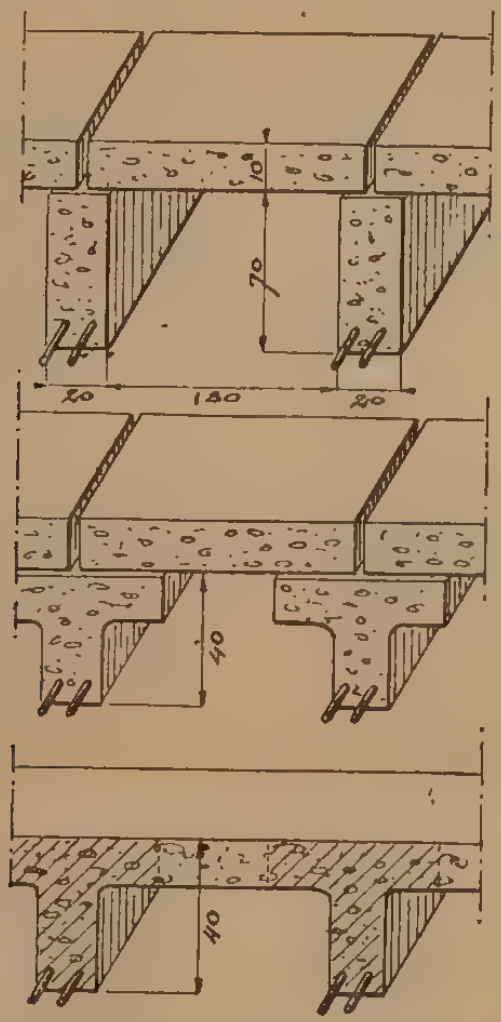



Fig. 40-41-42

une poutre en forme de T (fig. 41) ayant les caractéristiques suivantes :

**Portée : 6 mètres.**
**Hauteur totale : 0 m. 40.**
**Hauteur de la table : 0 m. 10.**
**Largeur : 0 m. 20.**
**Largeur de la table : 0 m. 70.**
Fers de tension : 4 fers de 20 m/m et 4 fers de 18 m/m.
**Béton à 400 kgs.**

Le calcul prouve que la résistance des deux poutres est exactement la même ; mais il est évident que la poutre en T est plus coûteuse à la fois en coffrage, en béton et en acier.

Soudons ensemble la dalle et la table de la poutre en leur conservant l'épaisseur de 0 m. 10 (fig. 42). Chaque nervure avec la partie de la dalle située au-dessus d'elle travaille comme la

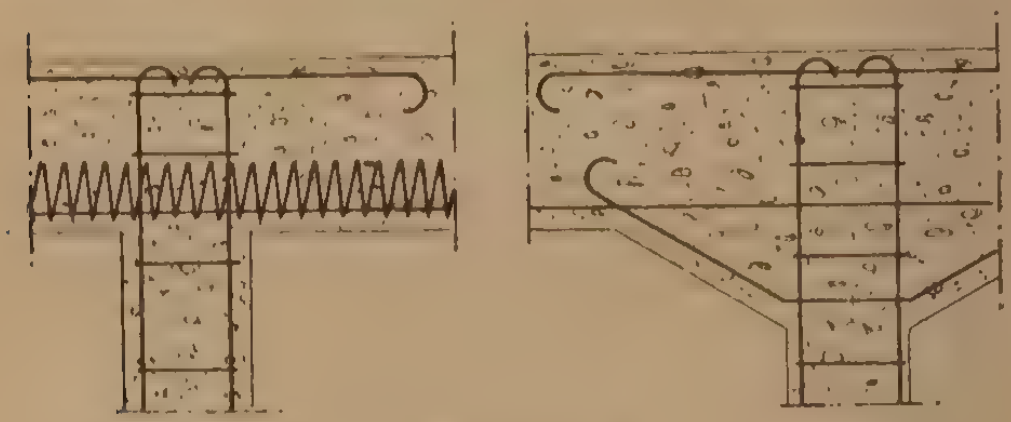


Fig. 43 et 44

poutre en T précédente ; tandis que la dalle a sa résistance accrue du fait de l'encastrement.

Cette fois, l'avantage sur les deux dispositifs précédents est évident : économie de matériaux, de coffrage, de main-d'œuvre, moindre hauteur et monolithisme parfait.

Si nous comparons à la figure 39, nous voyons que deux raisonnements différents nous ont conduit à la même conception des planchers à grande portée.

**Résistance à l'encastrement d'une dalle nervée.** — Dans le cas de la dalle nervée, la largeur de la table utile à la résistance de la poutre peut varier

de cinq à dix fois la largeur de la nervure, suivant les cas.

Au milieu de la poutre, c'est le béton de la table qui résiste à l'effort de compression.

Près des appuis, par suite de l'encastrement, le sens des efforts est renversé et c'est le béton de la nervure qui résiste à la compression.

Il arrive fréquemment que la section de la ner-

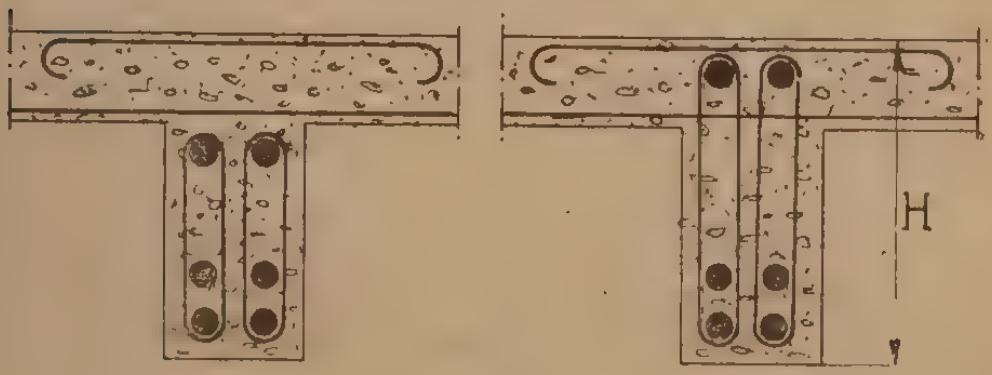



Fig. 45 et 46

vure est insuffisante pour résister à cette compression et l'auteur du projet prévoit alors un renforcement de la nervure près de l'appui. Trois moyens sont à sa disposition :

1° Augmentation de la section de la nervure, soit par élargissement, soit par augmentation de hauteur (*renfort* ou *gousset*) (fig. 44) ;

2° Renforcement par des barres d'acier ;

3° Frettage de la partie comprimée de la nervure (fig. 43).

**Observations.** — D'importantes remarques résultent des considérations précédentes :

*a*) On ne doit, dans une dalle nervée traiter

séparément la dalle et la poutre, ni dans le calcul, ni dans l'exécution, puisqu'une partie de la table appartient à la fois à ces deux éléments ;

*b*) La liaison doit être parfaite entre la nervure et la dalle : elle est assurée à la fois par le béton et par les armatures qui s'enchevêtrent comme l'indique la figure 46.

Le schéma de dalle nervée (fig. 45) est très mauvais, le décollement entre la dalle et la nervure devenant inévitable ;

*c*) On appelle hauteur totale de la poutre la cote H et non pas seulement la saillie de la nervure sous la dalle ;

*d*) Une poutre nervée ayant besoin de la dalle pour pouvoir porter sa charge, il y a danger de créer de grandes ouvertures qui n'ont pas été prévue par l'auteur du projet : trappes, vitrages, etc..., surtout vers le milieu de la portée des poutres ;

*e*) Une pratique néfaste consiste à considérer la nervure comme pièce résistante principale et à augmenter son dosage en ciment aux dépens de la dalle considérée comme simple remplissage. Tout au contraire, seul le béton de la dalle travaille à la compression et, à supposer qu'une variation de dosage puisse se justifier, ce serait l'inverse qu'il faudrait faire ;

*f*) Les renforts de poutre près des appuis ne sont pas de simples consoles. Leur existence prouve que la nervure seule est insuffisante pour résister à l'encastrement et il faut observer exactement leurs cotes et leurs systèmes d'armatures.

Il est impossible d'indiquer ici un moyen simple de calcul des dalles nervées.

### Réalisation par les constructeurs.

*Système Boussiron* (fig. 35). — Toutes les armatures longitudinales sont droites et les fers d'encastrement ou chapeaux n'existent que sur les appuis. Ce système demande le minimum de main-d'œuvre pour la façon des armatures.

*Système Hennebique.* — Les armatures de tension sont sur plusieurs rangs. Les fers du rang inférieur sont droits d'un appui à l'autre. Les autres fers se relèvent lentement à partir du tiers de la poutre et viennent affleurer la face supérieure près des appuis pour faire office de barres d'encastrement.

La partie inclinée de ces barres apporte un gros appoint à la résistance au cisaillement.

Les étriers à deux branches sont en fer feuillard.

*Système Piketty.* — Les armatures de tension sont disposées d'une manière analogue au système précédent.

Les étriers sont en fer rond et leur inclinaison sur la verticale augmente de 0 à 30° depuis le milieu de la poutre jusqu'aux appuis.

*Système Considère.* — L'intérêt principal de ce système est l'utilisation du frettage pour le renforcement du béton dans les parties comprimées.

## Encorbellements

Un encorbellement est un ouvrage en porte-à-faux dont la stabilité n'est assurée que grâce à l'encastrement de son unique appui.

L'encastrement peut résulter :

1° D'une charge appliquée sur la queue de pièce en arrière de l'appui et faisant contrepoids (fig. 48) ;

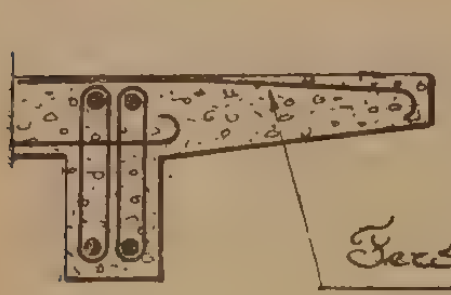


Fig. 47

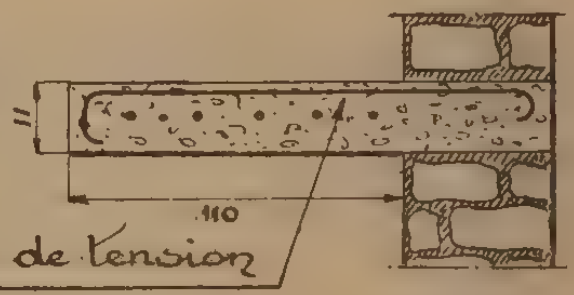



Fig. 48

2° De la liaison à d'autres éléments en béton armé (fig. 47).

**Nature des efforts dans une pièce en encorbellement.** — La face supérieure de la pièce est tendue tandis que l'inférieure est comprimée et ces efforts vont en croissant de l'extrémité de la pièce à l'appui.

Ils sont donc de même nature que dans une poutre encastrée au voisinage de l'appui.

La face supérieure est armée de fers de tension. La hauteur totale de la pièce est variable avec l'effort ; c'est-à-dire qu'elle est maximum près de l'appui (fig. 47). Si on veut que cette hauteur soit uniforme c'est celle calculée près de l'appui qui sera adoptée.

EXEMPLE DE CALCUL D'UNE DALLE EN ENCORBELLEMENT. — Réaliser une dalle de balcon en béton armé dont la portée soit 1 m. 10 et la surcharge 350 kilogrammes par mètre carré.

**TABLEAU X**

| SURCHARGE en kilogrammes par mètre carré | | SAILLIE DE LA DALLE EN MÈTRES | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 |
| 200 | Dosage | | 300 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | | 8 | 8 | 9 | 10 |
| | Fers de tension | | 2,2 | 3,5 | 5,0 | 6,7 |
| 300 | Dosage | | 300 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | | 8 | 8 | 10 | 12 |
| | Fers de tension | | 2,5 | 4,3 | 5,8 | 7,2 |
| 400 | Dosage | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 6 | 8 | 8 | 11 | 14 |
| | Fers de tension | 2,5 | 3 | 5,1 | 6,7 | 8,3 |
| 500 | Dosage | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 7 | 8 | 9 | 12 | 14 |
| | Fers de tension | 2,5 | 3,5 | 5,6 | 6,8 | 9,3 |
| 600 | Dosage | 300 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | Hauteur | 8 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| | Fers de tension | 2,2 | 3,9 | 5,8 | 7,5 | 10,2 |

Le *tableau X* indique, pour une portée de 1 m. 25 et une surcharge de 400 kilogrammes qui sont les plus voisines par excès de la portée et de la surcharge du problème :

Dosage à 400 kilogrammes.
Hauteur totale : 11 centimètres.
Section totale des fers de tension : 6, 7 centimètres carrés.

Le tableau XIII indique que cette section peut être réalisée avec 9 fers de 10 millimètres de diamètre.

Les fers de répartition ne sont pas calculés. On prendra par exemple 5 fers de 8 millimètres espacés de 20 centimètres et placés à mi-hauteur de la dalle (fig. 48).

**Poutre en encorbellement.** — Les efforts dans cette poutre sont semblables à ceux de la dalle ; mais le calcul est plus délicat et ne peut pas être indiqué ici.

L'effort de cisaillement est important et nécessite des étriers.

Lorsque les charges sont fortes il faut s'assurer de la résistance de l'appui au renversement, ce qui constitue un nouveau problème.

**Dalle nervée en encorbellement.** — Quand le porte-à-faux dépasse 1 m. 50, on ne peut plus constituer l'encorbellement par une dalle simple.

On crée des poutres en encorbellement ou consoles, et la dalle est une dalle ordinaire à deux appuis encastrés tendue entre ces consoles.

Sous un balcon, il est d'usage de placer des consoles dans un but esthétique alors même qu'elles ne sont pas nécessaires à la stabilité d'une dalle en béton armé. Dans ce cas, on calcule la dalle comme si les consoles n'existaient pas ; souvent même les consoles sont factices et suspendues à la dalle.

La théorie exposée pour la dalle nervée à deux appuis n'est pas applicable à la dalle en encorbellement. Ici la dalle n'aide pas à la résistance

de la poutre puisqu'elle se trouve au niveau de la zone tendue de celle-ci.

Pour être logique, il faudrait que la dalle soit à la partie inférieure de la poutre ; mais ce serait alors très incommode et disgracieux.

### Semelle de fondation d'un mur

Dans les travaux usuels de bâtiment, la charge des murs en fondation excède rarement 3 à 4 kilo-

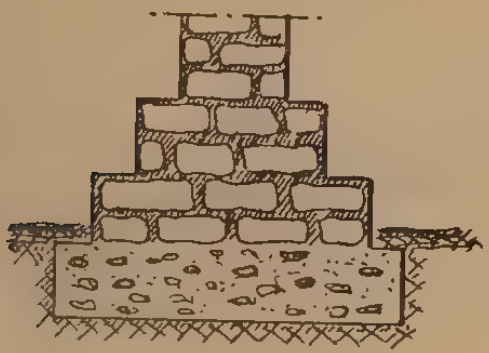


Fig 49

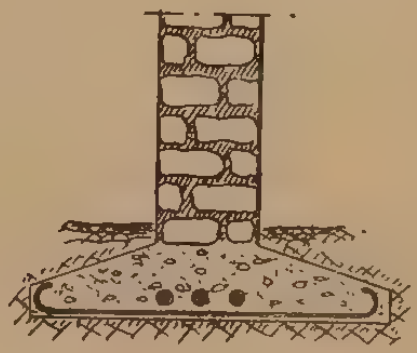


Fig 50

grammes par centimètre carré, ce qui permet d'asseoir le mur directement sur le bon sol lorsque celui-ci peut supporter cette fatigue. Quand le sol est mauvais, il devient nécessaire d'augmenter la surface portante des murs pour ramener la pression au taux de sécurité permis par la nature du sol.

Jadis, on élargissait l'empattement en maçonnerie très progressivement de façon à diminuer les risques de rupture (fig. 49), mais, outre le coût important d'un tel ouvrage, son poids augmente

rapidement, et va à l'encontre du résultat cherché.

Il est plus simple et plus économique de faire reposer le mur sur une semelle en béton armé dont le poids et l'encombrement sont minimes.

**Nature des efforts.** — La partie de droite de la semelle (fig. 50) est soumise à la contrepression (ou réaction) du sol, qui tend à lui faire relever le nez. Elle subit donc un effort de flexion, comparable à celui d'une dalle en encorbellement mais en sens opposé.

L'armature de tension sera placée tout proche de la face inférieure. L'armature de répartition a peu d'importance.

L'effort de flexion croît de l'extrémité de la semelle jusqu'à l'aplomb des faces du mur, aussi l'épaisseur va-t-elle en croissant dans le même sens.

L'effort est théoriquement nul à l'extrémité, mais en l'absence de cote du dessin on y assurera toujours une épaisseur minimum de 0 m. 10 de béton.

Une dalle en encorbellement ne se maintient en équilibre que, grâce à son encastrement à une extrémité. Il en est de même pour les semelles, et dans le cas actuel, la partie de droite de la semelle a son encastrement réalisé par sa liaison à la partie gauche et vice versa.

Il en résulte qu'il ne faut pas établir de semelles dissymétriques (fig. 51) parce que l'encastrement du côté le plus large étant imparfait, la semelle basculerait. Il en serait de même si le

terrain était inégalement résistant des deux côtés du mur.

Dans ces deux cas, l'encastrement peut être recherché par la liaison de la semelle avec le mur ou avec des poteaux : le problème est toujours possible mais il mérite une étude préalable.

L'épaisseur des semelles simples ne dépasse pas 0 m. 25. Au delà, il est plus économique de les nerver ou d'établir un radier complet sous tout l'immeuble.

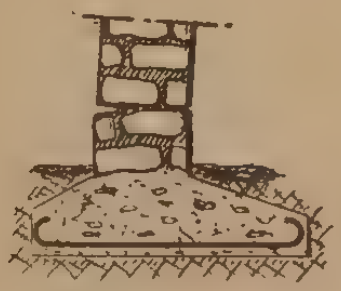


Fig. 51

On place encore, longitudinalement, sous le mur, plusieurs fers de gros diamètre (18 à 20 m/m.) et, proches de la face inférieure de la semelle (fig. 50) dans le but de chaîner la fondation et d'intéresser le sol sur toute la longueur de la semelle. Ceci évite les crevasses dues aux inégalités du tassement dans les différentes tranches de la fondation.

**Calcul des semelles.** — Le procédé de calcul ci-après ne s'applique qu'au cas d'une semelle symétrique sur un terrain de résistance uniforme.

EXEMPLE. — Déterminer une semelle qui supporte un mur de 0 m. 35 d'épaisseur, chargé de

20.000 kilogrammes par mètre courant et qui repose sur un sol dont la charge de sécurité est 1 kgr. 25 par centimètre carré.

Largeur de la semelle : Pour supporter une charge de 20.000 kilogrammes à raison de 1,25 kgr. par centimètre carré, il faut une surface d'assise de :

$$\frac{20.000}{1,25} = 16.000 \text{ centimètres carrés}$$

et pour une longueur de semelle de 1 mètre courant, on obtient cette surface avec une largeur de 160 centimètres.

Le mur ayant 0 m. 35 de largeur, la saillie de la semelle de chaque côté est :

$$\frac{1.60 - 0.35}{2} = 0,625 \text{ mètres}$$

Le tableau XI indique, pour une charge du terrain de 1 kg. 25 et une saillie de 0 m. 75 par centimètre carré :

Une hauteur de semelle à l'aplomb du mur de 25 centimètres.

Une section de fers de tension par mètre courant de semelle de 15,5 centimètres carrés qui peut se réaliser avec 10 fers de 14 millimètres (tableau XIII).

### Cloison verticale

Suivant l'usage auquel elle est destinée, une cloison peut subir des efforts de nature très différente qu'il importe de bien reconnaître à l'a-

**Béton à 400 kgr.** **TABLEAU XI**

| Résistance du sol en kgr. par cm² | | SAILLIE DE LA SEMELLE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 |
| 0,50 | Hauteur | 15 | 15 | 18 | 22 | 25 | 30 |
| | Fers de tens. | 5 | 6 | 8.5 | 13 | 17 | 20 |
| 0,75 | Hauteur | 15 | 15 | 18 | 25 | 30 | |
| | Fers de tens. | 5 | 8 | 13 | 16.5 | 21 | |
| 1,00 | Hauteur | 15 | 18 | 22 | 28 | | |
| | Fers de tens. | 5 | 8 | 15 | 19 5 | | |
| 1,25 | Hauteur | 15 | 18 | 25 | 30 | | |
| | Fers de tens. | 5 | 10 | 15.5 | 22 | | |
| 1,50 | Hauteur | 15 | 18 | 28 | | | |
| | Fers de tens. | 5 | 12 | 16.5 | | | |
| 1,75 | Hauteur | 15 | 18 | 28 | | | |
| | Fers de tens. | 5 | 13.5 | 19 | | | |
| 2,00 | Hauteur | 15 | 22 | 30 | | | |
| | Eers de tens. | 6 | 13 | 20 | | | |
| 2,25 | Hauteur | 15 | 22 | | | | |
| | Fers de tens. | 6 | 15 | | | | |
| 2,50 | Hauteur | 15 | 22 | | | | |
| | Fers de tens. | 6 | 16 | | | | |

vance parce que la constitution de la cloison en dépend essentiellement.

Cette détermination est délicate dans bien des cas (parois de réservoir, murs de soutènement) et la répartition variable des charges vient encore compliquer le problème.

Les renseignements ci-dessous sont destinés à expliquer seulement la manière dont travaille la cloison dans quelques cas usuels.

**Cloison de remplissage.** — Ce genre d'ouvrage n'est intéressant que lorsqu'on veut réduire au minimum (3 à 10 cm.) l'épaisseur occupée par la cloison, tout en lui assurant une résistance suffisante à l'effraction.

Elle ne porte que son propre poids, ce qui ne justifierait pas la présence d'une armature. Le but de cette dernière est de résister aux poussées et aux chocs latéraux. Elle est constituée par un treillage à mailles carrées de 10 à 20 centimètres de côté en fer rond de 5 à 6 millimètres de diamètre, ou mieux encore par des feuilles de métal déployé (fig. 80) situées à mi-épaisseur de la cloison.

**Cloison supportant une poussée sur une face.** — Divers cas peuvent se présenter.

1° La cloison est tendue entre des poteaux verticaux (fig. 53).

On considère la cloison comme une dalle à deux appuis, encastrée sur les poteaux et dont le cas a été déjà étudié.

La dalle est verticale, mais les forces étant maintenant horizontales, l'orientation relative des

forces par rapport à la dalle n'a pas changé ;

2° La cloison est tendue entre des poutres horizontales (fig. 52).

On la considère comme une dalle tendue entre ces poutres ;

3° La cloison est portée à la fois par des poteaux et par des poutres.

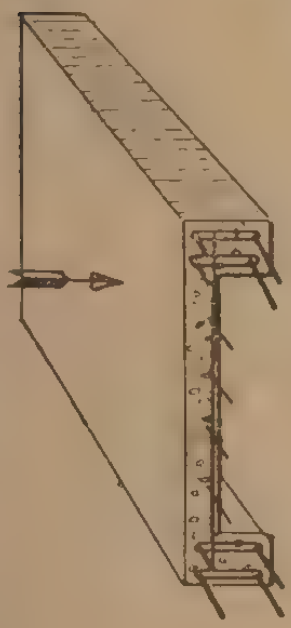


Fig. 52

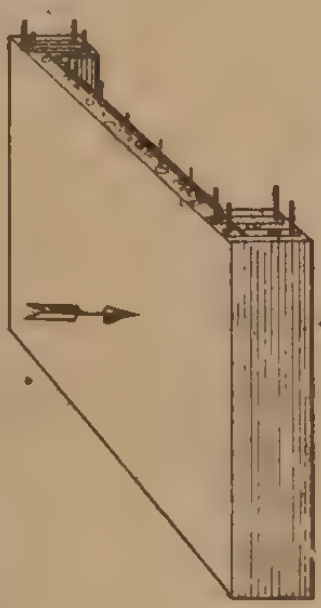


Fig. 53

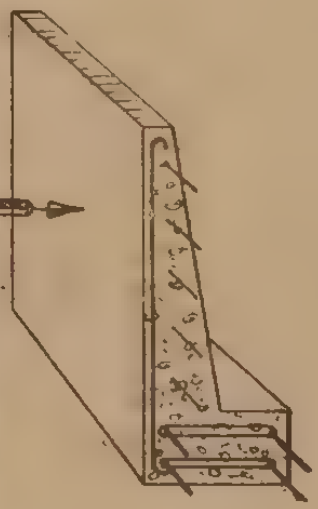


Fig. 54

On la considère comme une dalle reposant sur quatre appuis ;

4° La cloison n'a qu'un seul appui encastré.

On la traite comme une dalle en encorbellement avec ou sans poutres-consoles (fig. 54).

**Cloison supportant une poussée sur chaque face.** — Il est évident que si ces deux poussées étaient invariables et parfaitement connues, il suffirait de considérer la dalle comme soumise à une pous-

sée du sens de la plus forte et égale à la différence des deux.

Il en est autrement lorsque ces poussées sont difficiles à déterminer exactement ou lorsqu'elles sont susceptibles de varier.

C'est le cas d'un cloisonnement de bassin ou de la paroi d'un réservoir enterré qui subit à l'extérieur la poussée des terres mal définie et à l'intérieur la pression des eaux variable avec le niveau.

La cloison est alors pourvue sur chaque face d'une armature qui résiste à la pression sur la face opposée.

### Arcs et voûtes

Il est impossible de se rendre compte sans calcul des efforts qui entrent en jeu dans ces ouvrages parce qu'ils varient non seulement avec l'importance et le mode de répartition des charges, mais encore avec la forme de l'arc.

En un point quelconque de l'arc on peut avoir soit la face supérieure (*extrados*) comprimée et la face inférieure (*intrados*) tendue, soit l'inverse. Il se peut également que toute la section de l'arc soit comprimée et ce cas est souvent recherché dans la pratique de façon à économiser l'acier le plus possible.

Les arcs surbaissés exercent sur leurs appuis des poussées importantes qu'on neutralise par des butées en maçonnerie ou par des tirants qui réunissent les appuis.

A défaut de pouvoir raisonner ce cas, on s'at-

tachera à suivre strictement dans l'exécution les indications du projet. Les exemples précédents ont suffisamment montré l'importance qu'il y a à respecter les cotes indiquées.

## LECTURE D'UN DESSIN

Plus que pour tout autre corps d'état, la connaissance parfaite de la lecture du dessin est nécessaire au conducteur de travaux en béton armé, parce qu'un simple trait qui passerait inaperçu peut représenter une barre d'acier d'un intérêt vital pour la construction.

Cette lecture est assez pénible, et cela pour plusieurs raisons :

1° Un dessin d'exécution de béton armé (fig. 55 à 59) ne parle pas à l'esprit comme un dessin de façade ou de menuiserie. L'abondance de lignes qui se croisent en tous sens et les nombreux signes conventionnels semblent indéchiffrables au premier abord ;

2° L'enchevêtrement des armatures est tel qu'il serait impossible, sans rendre le dessin illisible, de les représenter toutes sur chacune des projections.

C'est pourquoi on convient de ne représenter certaines d'entre elles que schématiquement et sur certains dessins seulement ;

3° Les cotes ne correspondent pas toujours aux dimensions mesurées sur le papier : on élargit les poutres, on épaissit les dalles afin de pouvoir représenter plus distinctement les armatures et ce sont les seules cotes inscrites qui comptent.

Il serait dangereux de vouloir exécuter un bâtiment en béton armé sans en avoir étudié méthodiquement la structure. Cette nécessité se fera d'ailleurs sentir lors du métrage préalable et de la commande des fers.

Cette étude n'est possible qu'en connaissance parfaite des documents qui précèdent, et il est inadmissible qu'on exécute un ferraillage sans le comprendre parce que les erreurs les plus lourdes naissent de cette manière de faire.

Lire d'abord, se rendre compte ensuite n'est pas encore la meilleure méthode puisque certains fers qui ne sont pas figurés sur tous les plans peuvent passer inaperçus.

Le raisonnement précédera toujours la lecture. Les connaissances théoriques doivent être suffisantes pour qu'à défaut de savoir calculer les armatures on puisse tout au moins deviner les emplacements où elles sont situées. On s'assurera ainsi de ne rien oublier et même de déceler les erreurs et les omissions possibles du dessin.

L'exemple qui suit montre le bien fondé de cette méthode.

**Système de projection.** — Les dessins utilisés pour le béton armé sont :

1° *Plan d'assemblage à un centimètre par mètre* (fig. 55). — Ce plan indique la configuration générale du bâtiment. Les armatures n'y sont pas figurées.

Les seules cotes inscrites sont des cotes de repère en hauteur par rapport à un niveau initial, les cotes de hauteur d'étage, les cotes de

repère en plan et les distances entre axes des murs et des poteaux.

Ce plan n'existe que pour les travaux où les dessins de détail à 2 centimètres par mètre occupent plusieurs feuilles.

Assez souvent, pour ne pas gêner la lecture, on ne représente en plan que les fondations (fig. 55) ;

2° *Les plans de détail* (fig. 57). — Les plans à l'échelle de 2 centimètres par mètre représentent tous les éléments de la construction. Il en existe un pour les fondations et un pour chaque plancher.

Les radiers, voiles, cloisons, murs de soutènement, etc..., sont aussi l'objet de plans de cette sorte ;

3° *Les coupes d'ensemble* (fig. 58). — Ces coupes à l'échelle de 10 centimètres par mètre sont destinés à montrer le détail des armatures et du hourdis (1) et la façon dont celui-ci est lié aux appuis et aux nervures.

Aucune règle ne détermine les emplacements où doivent être faites ces coupes : le dessinateur s'ingénie à représenter le plus de choses possibles sur le minimum de dessins et ceci conduit à faire des coupes en zigzag comme celle de la figure 58 qui traverse tous les éléments intéressants. Dans cet exemple, la coupe A B C D montre le détail de l'armature du balcon et de la dalle,

1. Ce terme consacré par l'usage pour désigner la dalle d'un plancher nervuré est assez impropre ; il ne s'applique exactement qu'au remplissage d'un plancher qui ne coopère pas à la résistance.

l'accrochage sur les poutres 7, 1 et 6 la bordure de la trémie de l'escalier.

Pour éviter que le dessin ait une longueur démesurée, on supprime toutes les parties intermédiaires qui n'ont rien de spécial et on rapproche les poutres.

4° *Les détails d'armatures* (fig. 59). — Ces dessins à échelle de 5 ou 10 centimètres par mètre représentent isolément les coupes de tous les éléments de la construction : poutres, poteaux, semelles, entablement, consoles, etc...

Tous les fers y sont représentés d'une façon schématique et les dimensions inscrites.

On représente encore à cette échelle en élévation les éléments de forme compliquée ou anormale : semelles, poteaux désaxés, consoles, poutres dissymétriques, etc...

Pour éviter toute confusion de numérotage, ces coupes sont représentées sur la même feuille que le plan de détail auquel elles se rapportent ;

5° *Les perspectives* (fig. 56). — Ces dessins sont destinés à montrer certains détails de construction pour lesquels la lecture des plans ordinaires serait insuffisante pour la compréhension des formes. En particulier, ils sont fort commodes pour représenter les coffrages, les escaliers, les voûtes (fig. 258 et 272).

**Exemple de lecture.** — Soit à étudier un plancher d'usine dont les dessins sont en partie représentés par des figures (55 à 59).

On étudiera d'abord le dessin d'ensemble (fig. 55) qui donne les axes principaux de la construction

avec toutes les cotes et les angles nécessaires pour l'implantation sur le terrain.

Les repères en plan sont les angles de quatre murs existant. Le repère en hauteur est le seuil d'une porte (cote zéro).

Seuls sont figurés les poteaux et les semelles de fondation, ces dernières schématisées par un carré avec ses diagonales.

Les cotes entourées d'un cercle sont mesurées dans le sens perpendiculaire au plan du dessin. Dans le cas présent ce sont donc des hauteurs par rapport au niveau du seuil coté zéro.

La cote (— 2,30) donne la profondeur de la fouille générale et la cote (— 2,80) inscrite sur les semelles donne le niveau de la fondation. Cette indication suppose évidemment qu'on connaît déjà la profondeur du bon sol.

On examine ensuite le dessin du plancher du rez-de-chaussée (fig. 57) avec les coupes et détails y relatifs (fig. 58 et 59).

Les indications suivantes doivent être mentionnées sur ce dessin :

1° La désignation de l'ouvrage représenté ;

2° La surcharge pour laquelle il est prévu ;

3° Le dosage en ciment du béton ;

4° Le taux de travail maximum admis par l'auteur du projet pour le béton, pour l'acier et pour le sol sur lequel on fonde ;

5° Les échelles, bien qu'elles soient inutiles, toutes les cotes nécessaires devant être inscrites.

Il est très commode de réunir tous ces rensei-

gnements dans un même tableau sous la forme suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Surcharges | Plancher | 1.200 kgs par m² | |
| | Encorbellement | 500 — — | |
| Dosage | Semelles | 300 kgs par m³ | |
| | Poteaux et planchers | 400 — — | |
| Fatigues maxima | Béton — Hourdis | 45 kgs par cm² | |
| | Béton — Poutres | 55 — — | |
| | Acier — Hourdis | 1.000 — — | |
| | Acier — Poutres | 1.200 — — | |
| | Sol | 1,8 — — | |

On suit le contour de toute la surface construite et on note les ouvertures et les saillies. Dans l'exemple présent (fig. 57) on remarque à gauche une saillie rectangulaire que la coupe A B C D indique comme étant un encorbellement (balcon) et deux ouvertures représentées par deux rectangles avec leurs diagonales.

La coupe A B C D indique que la grande ouverture livre passage à un escalier. La petite est une trappe avec une feuillure de 4 centimètres au pourtour. Son emplacement est coté par rapport à la poutre 7 et ceci n'est pas indifférent au point de vue de la résistance de la poutre 13.

**Hourdis.** — Le hourdis de 1,50 de portée libre repose sur les nervures et va à encastrement dans le mur où son appui est de 0,10 de largeur.

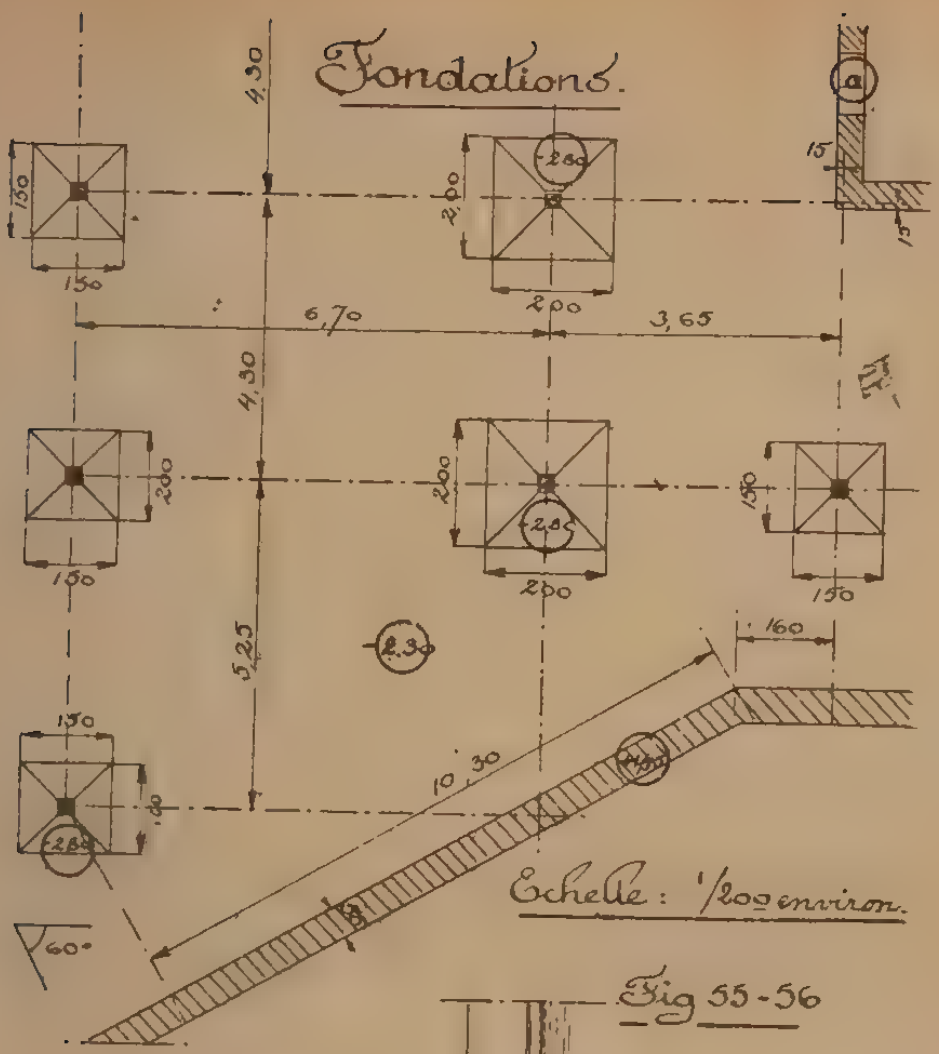
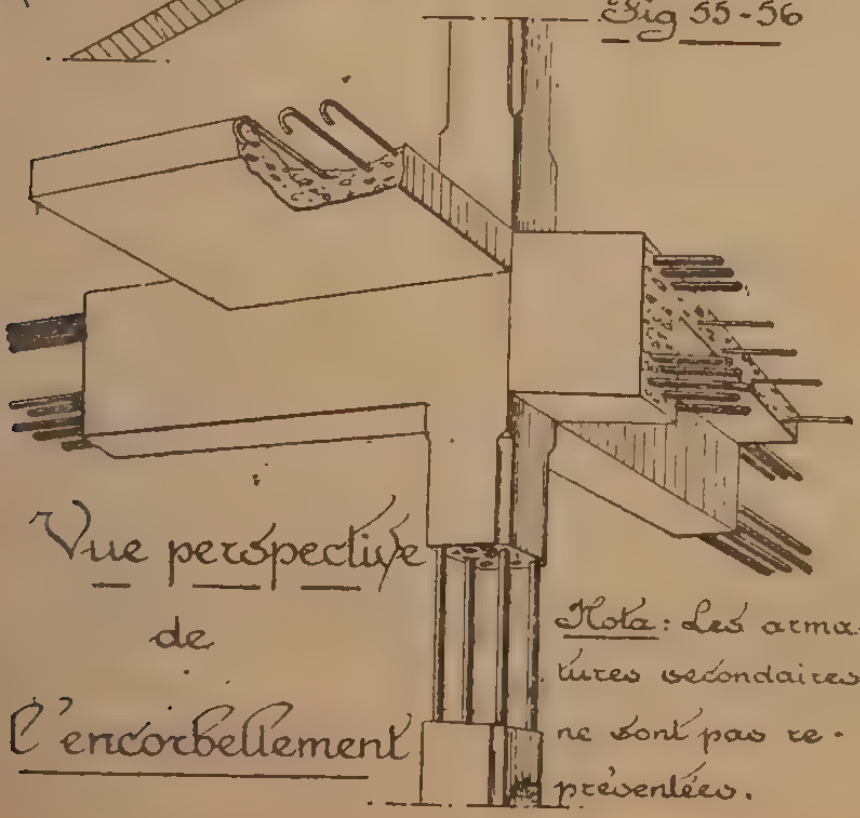



Fig 55-56



Vue perspective de l'encorbellement

Nota : Les armatures secondaires ne sont pas représentées.

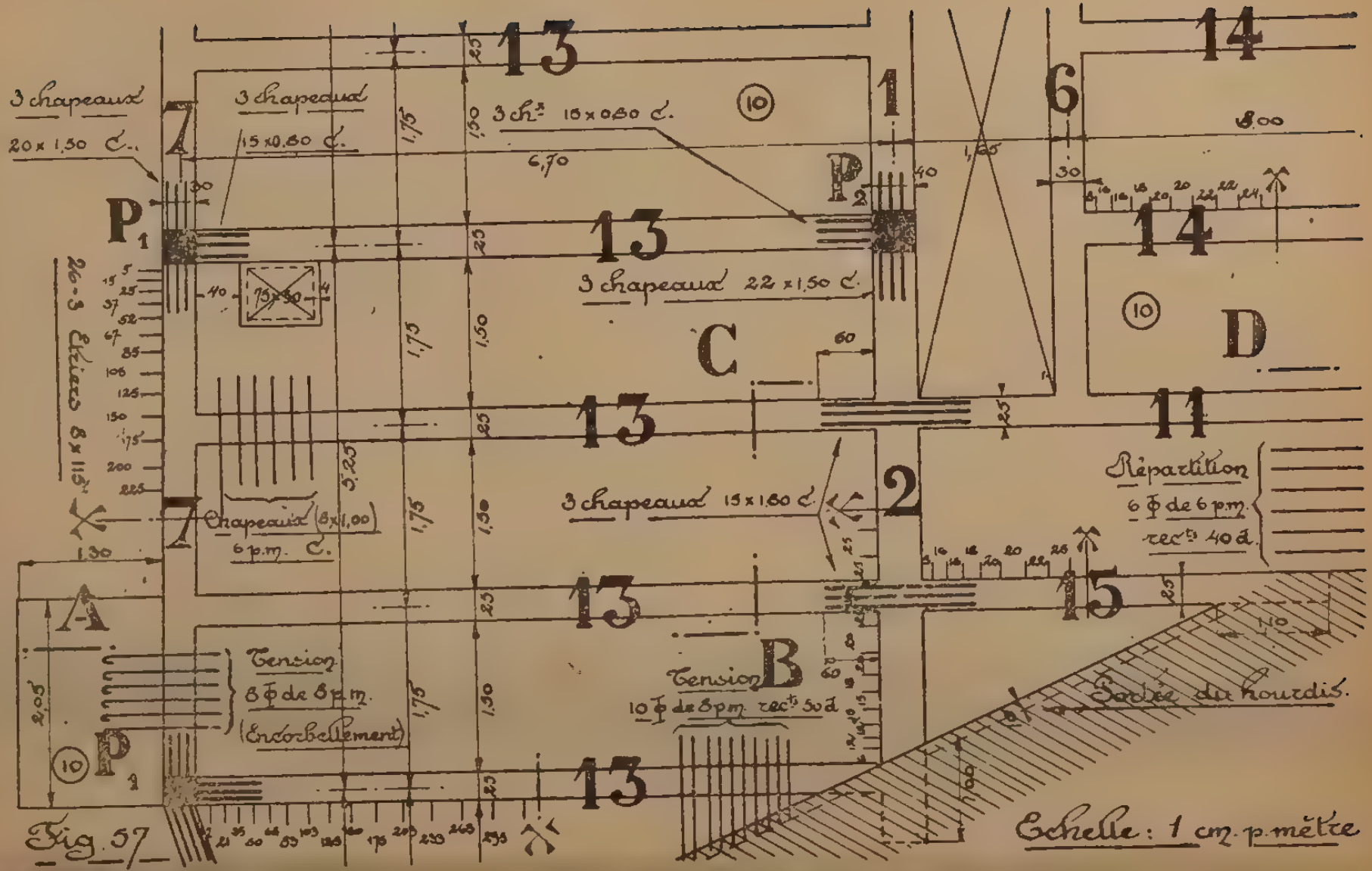
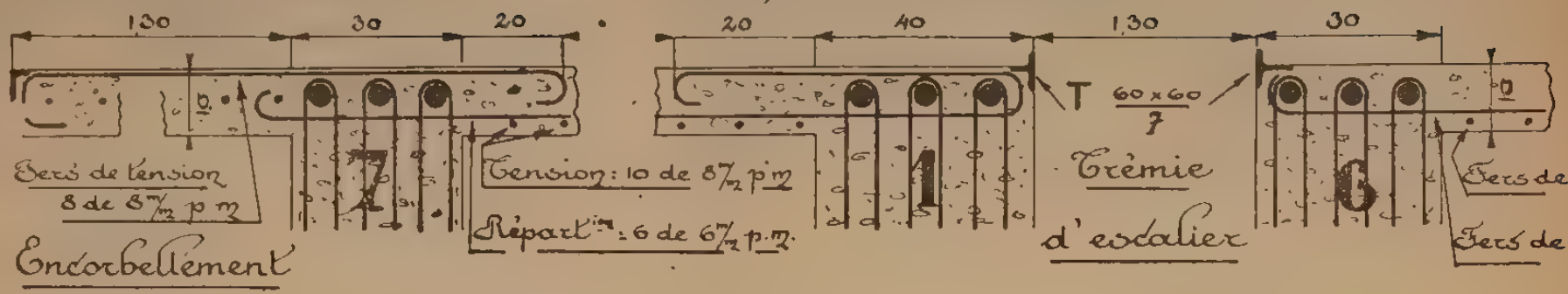

13
14
6
1
7
3 chapeaux
20 x 1,50 C.
3 chapeaux
15 x 0,80 C.
3 chs 15 x 0,80 C.
C,70
P1
P2
13
3 chapeaux 22 x 1,50 C.
14
C
D
13
11
Répartition
6 Φ de 6 p.m.
rect. 40 d.
2
3 chapeaux 15 x 1,80 C.
7
Chapeaux (8 x 1,00)
6 p.m. C.
15
A
B
Tension
8 Φ de 8 p.m.
(Encorbellement)
Tension
10 Φ de 8 p.m. rect. 50 d.
Sortie des hourdis
13
Échelle : 1 cm. p. mètre

Fig. 57

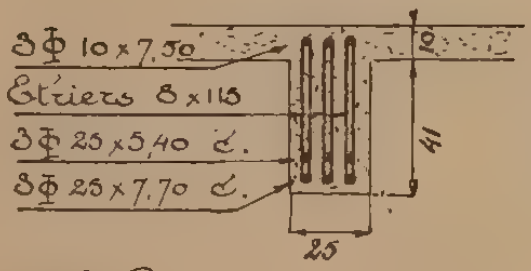
Béton à 400 Kgs.

# Coupe A B C D

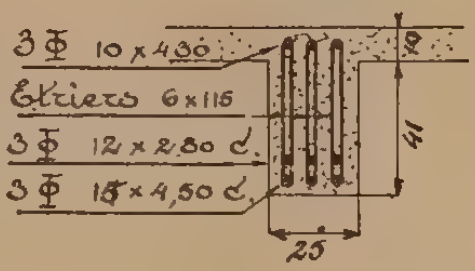



# Détail des Poutres

## 13




## 14




## 15

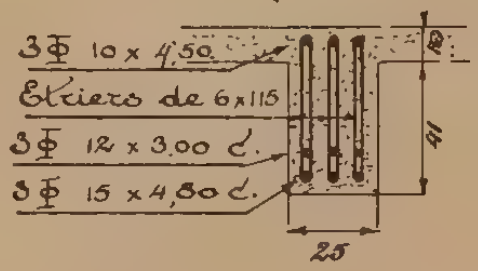



Fig. 58 et 59.

Echelle des coupes : 1/20

Echelle des détails des poutres : 1/40

Il doit donc être armé en tension dans le sens perpendicalaire aux nervures, en répartition dans le sens de celles-ci et il doit exister des chapeaux sur les nervures.

Or, on lit sur le plan les indications suivantes :

*Tension :* 10 Φ de 8 pm. rec.ts 50 d

*Répartition :* 6 Φ de 6 pm. rec.ts 40 d

qui signifient :

En tension, dans le sens indiqué par les traits (ce qui vérifie nos déductions), 10 fers ronds de 8 millimètres de diamètre par mètre courant de dalle.

En répartition, 6 fers de 6 millimètres.

Le signe Φ (lettre grecque qui se prononce fi) est fréquemment remplacé par les lettres *f* (fer) ou *r* (rond) qui ont la même signification.

L'abréviation Rec$^{ts}$ 50 d (Recouvrements, 50 diamètres) signifie que lorsque les fers ne sont pas assez longs pour traverser tout le bâtiment, il faut faire recouvrir les fers aboutés de 50 fois leur diamètre, soit 40 centimètres pour des fers ronds de 8 millimètres.

Les fers du hourdis ne sont indiqués que dans un coin du dessin quoiqu'ils couvrent toute la surface du plancher, parce que, si l'on voulait les représenter tous, le dessin serait absolument illisible.

La coupe A B C D montre aussi les fers de tension et de répartition et elle enseigne, en outre, que sur les appuis extrêmes (poutres 1 et 6) les fers de répartition sont coudés pour former fers d'encastrement sur une longueur de 20 centimètres.

Les fers de tension sont encore visibles sur le dessin perspectif où ils émergent du hourdis. Pour plus de clarté, les fers de répartition ne sont pas figurés.

Chapeau (8 × 1,00)
6 p. m. *C*

L'indication ci-contre signifie que sur la nervure 13 et sur toutes celles parallèles, il existe dans le sens des traits des chapeaux en fer rond de 8 millimètres de diamètre, de 1 mètre de longueur, à raison de 6 par mètre courant de nervure et terminés par un crochet à chaque extrémité. Un mètre est la longueur exacte où doivent être coupés les fers avant de faire les crochets.

Les crochets sont parfois marqués par un coude à l'extrémité de chaque trait qui figure le chapeau. Malgré l'apparence de l'orientation horizontale du crochet (fig. 57 en bas et à gauche), ceux-ci sont toujours retournés vers la masse du béton comme l'indique la coupe A B C D.

Il n'est pas indiqué de cote de mise en place,

d'où il faut déduire que les chapeaux sont à cheval symétriquement sur la nervure.

La cote d'épaisseur du hourdis est indiquée sur le plan par le symbole (fig. 60) qui signifie 10 centimètres de hauteur totale. On la trouve encore sur la coupe **A B C D** et sur le détail des poutres.

On note parfois les données d'une dalle d'une autre façon (fig. 61) qui donne l'épaisseur, les fers de tension, les fers de répartition et les surcharges.

Fig. 60

Fig. 61

Il n'existe pas de cotes fixant l'emplacement des barres de tension, de répartition et des chapeaux dans l'épaisseur du hourdis.

A moins d'indications contraires elles sont toujours les suivantes :

Fers de tension : 1,5 à 2 centimètres de la face inférieure.

Fers de répartition : au-dessus et immédiatement au contact.

Chapeaux : 1,5 centimètres de la face supérieure.

**Encorbellement.** — La dalle en porte-à-faux a son encastrement réalisé par sa liaison au hourdis du plancher et à la poutre 7.

Les fers de tension doivent être sur la face supérieure et à cheval sur cette poutre.

C'est en effet ce qu'indique le plan : 8 fers de 8 millimètres par mètre avec la mention (encorbellement) pour éviter la confusion avec les armatures du hourdis voisin.

D'ailleurs, la coupe **A B C D** et la vue perspective sont beaucoup plus claires et montrent les fers de répartition à mi-épaisseur dans la dalle (1).

**Poutres secondaires.** — Il existe deux systèmes de poutres : les poutres secondaires (**11, 13, 14, 15**) qui portent directement le hourdis, et les poutres principales (**1, 2, 7**) qui reçoivent les nervures et reportent les charges sur les poteaux.

En outre, un chevêtre **6** reçoit les poutres **14** et reporte la charge sur la poutre **11**.

Les poutres secondaires soumises à la flexion et encastrées à leur extrémité parce que liées à d'autres éléments en béton, doivent comporter :

1° Des fers de tension.

Ces fers ne sont pas indiqués sur le plan, ni sur la coupe **A B C D** ; mais ils sont détaillés sur les coupes des poutres (fig. 59).

Pour la poutre *13* par exemple, on lit :

3 Φ 25 × 5,40 *C*

3 Φ 25 × 7,70 *C*.

Ce qui signifie qu'il existe 6 fers de 25 millimètres en tension :

La rangée inférieure se compose de 3 fers de 7,70 de longueur réelle. On voit en effet que la

1. Cette disposition est exceptionnelle comme il a été vu précédemment.

portée libre de la poutre 13 est de 6,35 m. mais les fers doivent traverser entièrement aux extrémités les poutres 1 et 7, soit 0,70 de longueur supplémentaire, et les crochets demandent en longueur 0,65, soit au total :

$$6{,}35 + 0{,}70 + 0{,}65 = 7{,}70.$$

La rangée supérieure se compose de 3 fers de 5,40 de longueur réelle également terminés par des crochets. Il n'est pas donné de cote de mise en place, d'où on conclut que ces fers sont disposés symétriquement par rapport au milieu de la poutre.

Il n'en est pas de même de la poutre 11 chargée dissymétriquement par le chevêtre 6 et une cote en plan donne la place des barres complémentaires de traction ;

2° Des fers de compression.

Pour la poutre *13* on lit :

3 Φ 10 × 7,50.

Ces fers sont de petit échantillon ; ils n'ont donc pas grand intérêt pour la résistance à la compression et servent uniquement à faciliter le ferraillage et à coudre le béton.

Ils sont aussi représentés sur la coupe A B C D mais sans indication de cote. Ceci tient à ce que le but de cette coupe est seulement de montrer la disposition des fers du hourdis ;

3° Des fers d'encastrement.

La poutre 13, liée à chaque extrémité aux poutres 2 et 7 subit des efforts d'encastrement auxquels on doit s'opposer par des chapeaux.

En effet, à cheval sur la poutre 2, on trouve en

plan, trois chapeaux qui servent à la fois pour les poutres 13 et 11, 13 et 15.

La cote 60 indique que ces chapeaux sont dissymétriques et plus longs du côté des poutres 13. Ceci était à prévoir puisque ces poutres sont elles-mêmes plus longues que 11 et 15.

Sur le poteau $P^2$ la poutre 13 porte trois chapeaux plus courts parce qu'il existe un vide de l'autre côté.

A l'autre extrémité des poutres 13 du côté de la poutre 7 aucun chapeau n'est figuré. Serait-ce un oubli ? — Non ; de ce côté l'effort d'encastrement est moins accusé, parce que le plancher ne se prolongeant pas sur l'autre face de la poutre 7 celle-ci peut se tordre légèrement sous l'action de la flexion de 13. Les barres de compression (3 Φ de 10) sont suffisantes pour résister à l'encastrement sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des chapeaux.

Toutefois, il existe des chapeaux à celle des poutres qui s'accroche sur le poteau $P_1$.

Ceci tient à ce que l'existence de poteaux superposés crée un nœud rigide qui réalise l'encastrement complet.

Pour éviter toute omission, il y a intérêt à ce que tous les chapeaux de nervures soient indiqués sur les plans. Parfois ils le sont aussi sur les coupes des poutres par de petits cercles au-dessous des fers de compression.

Il peut en résulter quelque confusion et la notation en plan est préférable ;

4° Des étriers.

Les dimensions des étriers sont indiquées par le détail des poutres :

Etriers $6 \times 115$

signifie que pour la poutre 15 les étriers ont 6 millimètres de diamètre et 115 centimètres de longueur développée.

On constate sur cette même figure qu'il en existe trois files.

Le dessin en plan donne leur nombre et leur emplacement : chaque rang d'étriers est figuré par un petit trait en travers de la poutre et les nombres successifs : 8, 16, 16, 18, 20, 20, 22, 25 donnent l'espacement des 8 rangs d'étriers successifs (fig. 57).

Le signe indique le milieu de la poutre.

Il n'y a pas d'indication d'étriers sur l'autre moitié parce qu'ils sont distribués de la même façon que sur la première. Seul l'intervalle du milieu n'est pas coté parce qu'il est sujet à varier de quelques centimètres.

Pour la poutre 13 les étriers sont cotés différemment : chaque cote donne l'abscisse du rang d'étrier, c'est-à-dire sa distance à la face intérieure de la poutre 7. Cette notation est beaucoup plus pratique pour l'exécution que la précédente quoique moins répandue.

Pour calculer le nombre d'étriers de chaque poutre, il faut en compter le nombre de rangs sur le plan et le nombre de files sur la coupe.

Exemple : Poutre 14.

Sur le plan : 9 rangs pour la demi-portée de la poutre soit 18 en tout.

Sur la coupe : 3 files d'étriers.

Au total : $3 \times 18 = 54$ étriers.

Pour éviter ce calcul nécessaire lors de la fabrication des étriers, il est préférable d'inscrire ce résultat sur le dessin en plan, sous la forme suivante :

$$\frac{54}{3} \text{ Etriers de } (6 \times 115)$$

ou bien :

$$3 \times 18 \text{ étriers } (6 \times 115)$$

Quand les étriers d'une même poutre ne sont pas tous de même diamètre, on le note de la façon suivante :

$$\text{Etriers } 1/2 \text{ de } 8 \text{ et } 1/2 \text{ de } (6 \times 115)$$

ou :

$$\text{Etriers } \frac{8+6}{2} \times 115$$

qui signifient que les étriers sont alternativement de 8 et de 6 millimètres de diamètre.

Cette notation se retrouve aussi pour les barres de tension des dalles.

**Poutres principales.** — Ces poutres reposent sur les poteaux ou sur les murs (Exemple : 7 et 2) et supportent un nombre quelconque de poutres secondaires.

Leur constitution est analogue à ces dernières.

On remarque qu'il existe des chapeaux aux extrémités encastrées sur les poteaux. Il n'en est pas indiqué à l'appui de la poutre 2 sur le mur, parce que l'encastrement n'y est pas réalisé.

Il n'y en a pas non plus au croisement de 2 avec 13, 11 et 15 parce qu'en cet endroit s'il existe un effort d'encastrement à l'appui de 13 sur 2 nécessitant des chapeaux pour 13, il n'en existe évidemment pas à l'appui de 2 sur 13, puisque la poutre 2 ne repose pas sur la poutre 13.

**Poteaux et semelles.** — Les poteaux de l'étage inférieur sont représentés schématiquement en plan, sans indication de cote.

Quand ceux de l'étage supérieur ne sont pas superposés aux premiers ils sont indiqués par une section hachurée.

Les semelles de fondation sont indiquées et cotées au plan d'ensemble (fig. 55), tandis que leurs détails en plan et en coupe sont indiqués avec celui des poteaux au dessin de détail à 0,05 par mètre.

Quand les poteaux superposés sont désaxés, un dessin de détail donne les cotes de mise en place.

Pour les travaux autres que les planchers, la marche à suivre dans l'étude du dessin est analogue :

Après lecture des indications générales du dessin, on examine d'abord les éléments simples : dalles, cloisons, puis ceux qui les supportent, puis ceux qui soutiennent ces derniers et ainsi de suite de proche en proche jusqu'aux fondations.

Les renseignements qu'on trouvera à la première et à la quatrième partie de cet ouvrage sont indispensables à connaître pour mener à bien cette étude.

# DEUXIÈME PARTIE

## MATIÈRES PREMIÈRES
## PRÉPARATION DES MATÉRIAUX

---

### BOIS

Dans la construction en béton armé, le bois est utilisé pour le coffrage et les échafaudages.

Le coffrage comprend la surface de planches jointives qui forme le moule en contact avec le béton. Par extension on appelle aussi de ce nom : toutes les pièces de la charpente employées à soutenir cette surface tant par le dessous que latéralement.

Un bois de coffrage doit posséder les qualités suivantes :

**Bon marché.** — Le coffrage est un travail long et minutieux qui grève fortement le prix de revient du béton armé. Il y a donc intérêt à employer des bois de faible valeur d'autant qu'il est illusoire de vouloir le réemployer indéfiniment. Quelle que soit la qualité du bois, on ne peut empêcher les planches de se voiler, de se briser au décoffrage et de pourrir. En outre, le ciment attaque le bois et y adhère suffisamment pour rendre le travail difficile dès le deuxième emploi.

Il faut compter sur deux tiers seulement de bois réutilisable pour former moule. Le reste, les chutes et les éclats trouvent leur emploi comme échafaudages, semelles, étrésillons, coins, etc...

**Résistance** — L'équarrissage n'étant pas limité, les bois même de médiocre résistance trouveront leur emploi s'ils ne sont pas trop cassants.

**Facilité de travail.** — Le bois doit se laisser travailler à la scie et à la hache.

**Essences utilisées.** — Le sapin est le bois qui répond le mieux aux conditions ci-dessus. On le rencontre partout ; mais vu son abondance en certaines régions, il y a économie à l'en faire venir tout prêt débité aux équarrissages désirés.

Les échantillons employés pour le coffrage sont les suivants :

| | | |
|---|---|---|
| *Madrier* | Section 8 × 22 cm. | Longueur quelconque de 0,33 en 0,33 cm. |
| *Basting* | Section 6,5 × 18 cm. | Longueur quelconque de 0,33 en 0,33 cm. |
| *Planche* | Epaisseur 27 cm. | Larg. et long. quelc. |
| | Epaisseur 5 cm. | — |
| *Volige* | Epaisseur 1 à 1,3. | — |
| *Chevron* | Section 6 × 6 à 8 × 8. | |
| *Poteau* | Section 10 × 10 à 15 × 15. | |

Le chêne est parfois utilisé pour la charpente de soutien. Parce qu'il apporte une diminution du cube des bois, un poteau de chêne ayant une résistance de moitié supérieure à un poteau de sapin de même équarrissage.

On emploie des perches brutes ou baliveaux dont le prix est bien inférieur à celui de bois débité.

Le peuplier comme planches, le bouleau comme poteaux, peuvent à l'occasion être utilisés.

Cubage des bois. — Les bois équarris, de forme géométrique régulière, sont cubés exactement. Il est impossible de cuber en bloc un tas de planches ou madriers du fait de l'inégalité de longueur des unités. Les bois étant classés par largeurs et par épaisseurs, on mesure la longueur de chaque pièce et on multipliera une fois pour toutes la longueur totale par la section commune.

Le cubage des perches et baliveaux s'obtient par la formule

$$V = \frac{C^2}{16} L$$

L : longueur utilisable du bois en mètres.

C : circonférence prise avec une ficelle à mi-longueur de la pièce, en mètres.

V : volume en mètres cubes.

Ce procédé est dit *cubage au quart sans déduction.*

Si on veut tenir compte de la perte d'une partie du bois à l'équarrissage on emploie la formule de *cubage au cinquième déduit.*

$$V = \frac{C^2}{25} L$$

Exemple — Cuber une grume de chêne de 8 mètres de longueur et 1,25 de circonférence moyenne.

La formule de cubage au quart sans déduction donne :

$$V = \frac{C^2}{16} L = \frac{1,252}{16} \times 8 = \frac{1,56}{16} \times 8 = 0,78 \text{ mètres cubes}$$

Les madriers, bastaings, chevrons sont vendus au mètre cube ; les planches au mètre carré ; les perches au mètre linéaire et parfois au mètre cube.

**Réception des bois.** — Les marchands classent les bois par choix suivant les imperfections qu'ils présentent (nœuds, flaches, etc...). Ces défauts n'ont que peu d'importance pour l'usage qui nous préoccupe.

On portera surtout attention aux points suivants :

a) *Dimension et cubage.* — On vérifie le cube total de la façon qui a été indiquée. On s'assure que les planches ont une épaisseur régulière et que les pièces commandées à mesures fixes correspondent bien en dimensions et nombre à ce qu'on désire ;

b) *Etat physique.* — Les planches ne doivent être ni fendues ni voilées. Les flaches (1) ne sont tolérées que s'il en a été convenu à la commande ;

c) *Etat de conservation.* — Le bois échauffé est cassant et sujet à la pourriture. Si on en possède on l'utilisera pour les parties du coffrage qui ne subissent pas d'effort important ; mais jamais on ne l'acceptera d'un fournisseur.

Le bois qui aurait subi un commencement de pourriture sera refusé. Si on rencontrait plusieurs échantillons pourris disséminés dans un lot, il faudrait proscrire le lot tout entier.

Le bois bruni par exposition prolongée au soleil n'est pas forcément de mauvaise qualité : il faut examiner les échantillons individuellement.

1. Flache : Absence d'arête vive dans un bois équarri.

**Emmagasinage des bois.** — Les bois emmagasinés pour une longue durée sont placés dans un lieu sec et aéré, à l'abri du soleil et de la pluie.

On dispose des traverses de mètre en mètre et bien de niveau, portant elles-mêmes sur des semelles qui répartissent la pression sur le sol. Sur les traverses, on entasse les bois très régulièrement en commençant autant que possible par les plus grandes longueurs, sinon on place des cales pour éviter le porte-à-faux des longues pièces placées sur de plus courtes.

Pour la bonne conservation des bois, il faut faciliter son contact avec l'air ; aussi peut-on intercaler entre chaque épaisseur de planches des liteaux qui ménagent un intervalle de 1 centimètre. Ce système excellent a l'inconvénient d'augmenter sérieusement l'encombrement des bois stockés.

Quand les bois sont à l'extérieur, on les protège des intempéries par des bâches ou par des tôles qui débordent suffisamment de chaque côté pour chasser l'eau loin du pied du tas. A défaut d'autre moyen de protection on constitue un toit en chaume ou en bois : On dispose des chevrons dans le sens de la pente et on cloue dessous des planches qui se recouvrent de quelques centimètres.

Les madriers, chevrons, poteaux peuvent être placés debout le long d'un mur. On les incline légèrement en les faisant reposer sur le côté le plus étroit de leur section pour leur donner plus de résistance au fléchissement.

Sur le chantier où les bois séjournent un temps très court avant d'être employés, on s'occupe moins de leur conservation que de leur classification en vue de faciliter la recherche des pièces.

Les madriers et les planches de 50 millimètres d'épaisseur sont classés par largeur tandis que les planches de 27 millimètres, les chevrons et les poteaux sont classés par longueurs.

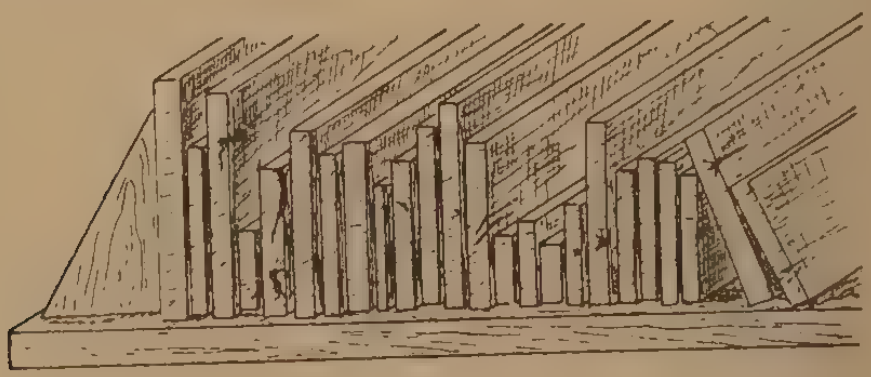


Fig. 62

Les planches sont disposées comme l'indique la figure 62.

Aux extrémités des traverses, on cloue des échantignolles, sur lesquelles s'appuient les planches placées côte à côte, de champ. Ce système occupe assez de place (5 mètres carrés par mètre cube de bois), mais il est des plus pratiques et fait gagner beaucoup de temps puisqu'on peut mesurer immédiatement les trois dimensions d'une pièce et l'enlever sans difficulté.

**Triage des bois.** — On fait des lots séparés des bois neufs, des bois de récupération, des bois

humides, des chutes et des éclats de bois sains.

Les bois qui présentent une tache de pourriture sont entassés à l'écart pour servir au chauffage. Ils ne donneraient que des déboires s'ils étaient employés, soit qu'ils se rompent en provoquant des accidents, soit plus simplement qu'ils fléchissent en déformant le coffrage.

Certaines pourritures, comme le *merulius lacrymans* sont très contagieuses et détruisent les stocks de bois en quelques années. Pour éviter toute méprise, chaque pièce reconnue pourrie est brisée avant d'être jetée au tas.

Si on constatait une attaque rapide d'un stock de bois, on tirerait aussitôt le bois sain dont on ferait de nombreux lots séparés, les bois suspects, voisins du centre de pourriture mis à part. On a les plus grandes chances pour qu'une attaque nouvelle soit localisée dans un tas seulement.

L'épidémie ne disparaît pas forcément avec les bois attaqués. Le moindre vestige de bois pourri la ramènera certainement. En particulier, les bois en œuvre, hangars, charpentes, planchers ne sont pas à l'abri de la contagion.

**Echafaudages.** — Les échafaudages comprennent l'ensemble des pièces de bois qui forment et soutiennent les planchers de service nécessaires aux ouvriers pour travailler commodément.

Dans les travaux en béton armé, les surfaces de coffrage horizontales constituent un plancher idéal et les échafaudages ne sont nécessaires que pour quelques cas particuliers.

**Echafaudages intérieurs.** — Ces échafaudages

qui prennent appuis sur chaque plancher sont utilisés pour travailler au coffrage des poutres du plancher supérieur, ainsi qu'au décoffrage et aux enduits de sous-face de ce plancher. Il y a intérêt à se servir d'un matériel spécial parce que le temps de son usage à une même place est à peine plus long que celui demandé pour l'établissement d'un échafaudage de fortune.

L'échafaudage le plus simple utilise des *chevalets* ou *tréteaux* (fig. 63 et 64).

Les chevalets fixes ne permettent le travail commode qu'à une hauteur déterminée. Par contre, ils sont robustes, faciles à faire sur le chantier même avec du bois inutilisable pour d'autres usages. Les bois laissés bruts sont seulement cloués avec des pointes à chevrons. Pour fixer leur hauteur, on tient compte de la hauteur moyenne des étages et du genre de travail à exécuter : pour coffrer, un homme travaille aisément entre 0 m. 20 et 1 m. 60 au-dessus du plancher de service ; pour décoffrer et enduire : 0 m. 60 à 2 mètres.

Les *chevalets à coulisses*, en chêne, sont plus coûteux et moins robustes, mais donnent une plus grande commodité de travail (fig. 61).

Les *bâtis à échelon* sont beaucoup plus pratiques et moins encombrants que les chevalets. Les échelons en cornouiller sont espacés de 0 m. 30, L'écartement des montants est maintenu de mètre en mètre par des boulons.

Plus souvent, les échelons sont en chevrons et réduits à un par mètre ; les montants sont per-

cés de trous qui se font vis-à-vis et une barre d'acier dur qu'on y engage remplace les autres échelons (fig. 66).

On place face à face deux bâtis semblables et le plancher repose sur les échelons. Pour éviter le roulement, on contrevente les bâtis par deux planches clouées en croix de Saint-André. Cette disposition donne une bonne assise tout en permettant de réduire au minimum la surface de semelle des bâtis.

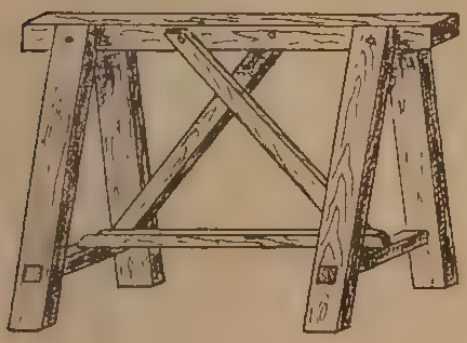


Fig. 63

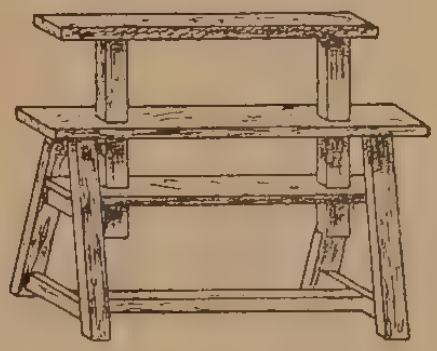


Fig 64

L'échafaudage ainsi constitué n'est utilisé que pour porter de faibles charges. Si cependant on avait à s'en servir pour supporter un coffrage, on remplacerait le plancher par deux madriers de champ, accolés aux montants et coincés par des étrésillons.

**Echafaudages extérieurs.** — Les échafaudages extérieurs sont utilisés :

1° Pour le service des matériaux et la circulation quand on interdit de circuler sur le coffrage. Cette mesure a son intérêt pendant le ferail-

lage et le bétonnage, mais elle est bien difficile à faire observer :

2° Pour le remplissage en maçonnerie des pans de béton armé ;

3° Pour l'exécution des enduits et les réparations.

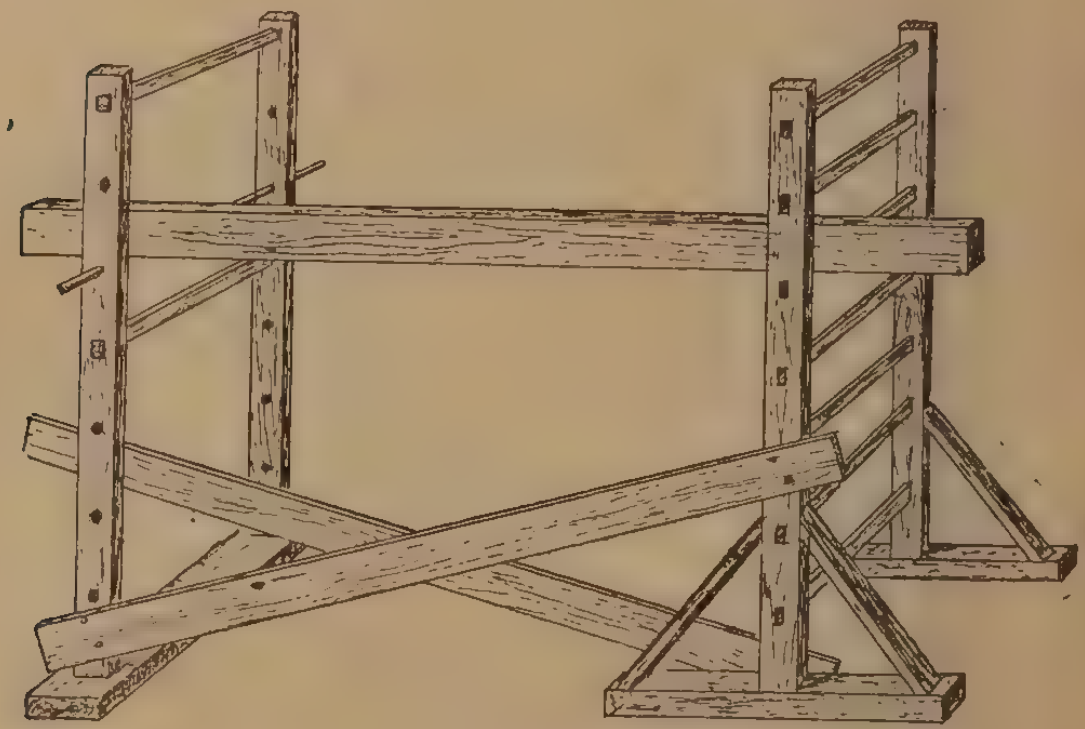


Fig. 65

On peut construire, partant du sol, un échafaudage de maçon à l'aide d'*échasses* et de *boulins* liés par des cordages ; mais ce n'est pas indispensable parce que l'approche des matériaux se fait commodément par l'intérieur du bâtiment et que l'échafaudage n'a jamais que de faibles charges à supporter.

L'*échafaudage suspendu* s'établit par un des procédés ci-dessous.

Dans le type de la figure 66 le madrier horizontal travaille de façon anormale ; aussi em-

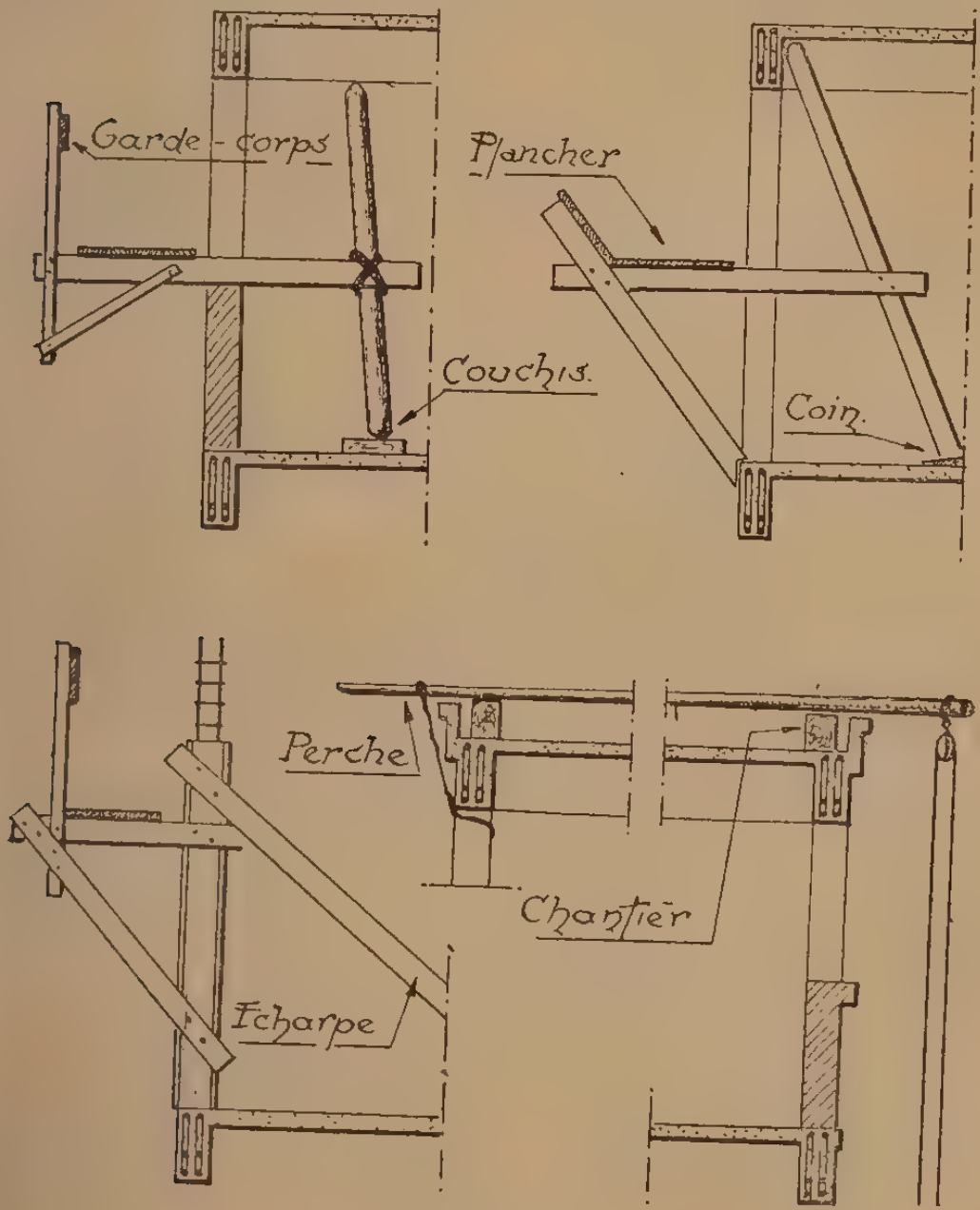



Fig. 66 à 69

ploiera-t-on un bois sain qui offre toute garantie de résistance. La chandelle coincée entre les deux

planchers est maintenue par des cales. Si elle porte sur un hourdis et non sur une poutre, la répartition de la charge se fait par l'intermédiaire d'une *plate-forme* ou *couche*. A défaut de la murette figurée on place un bâti ou un chevalet.

Le type de la figure 67 est plus rationnel et d'établissement facile. Les pièces sont assemblées par des pointes à chevrons.

Le troisième type (fig. 68) ne s'appuie que sur le coffrage des poteaux. Il est très pratique puisqu'on peut le construire avant que le plancher supérieur ne soit coffré. Il faut cependant prendre quelques précautions :

*a*) Ne fixer cet échafaudage que sur le coffrage d'un pilier lui-même solidement établi ;

*b*) Ne le construire que quatre jours après la coulée du béton ;

*c*) Ne pas employer ce plancher comme passage permanent ou avec des charges.

L'*échafaudage volant* est employé pour les enduits, les jointoiements et tous les travaux qui nécessitent peu de matériaux mais qui obligent à se déplacer sur une grande surface verticale.

Le plateau de cet échafaudage est fait de planches de 34 millimètres d'épaisseur maintenues par quelques traverses. Des étriers espacés de trois en trois mètres sont faits de fers à T de petit échantillon assemblés par des gousset (fig. 70). Plus simplement, on les confectionne sur le chantier avec un fer rond de 20 millimètres (fig. 71).

Les poulies sont simples et à chape en bois ou

en acier. La charge de sécurité de chaque poulie est d'au moins 500 kilogrammes. La manœuvre de montée et descente se fait du sol, les ouvriers ayant quitté la passerelle. Malgré la facilité qu'ont ceux-ci de manœuvrer eux-mêmes en restant sur l'échafaudage, il ne faut pas tolérer cette pratique dangereuse.

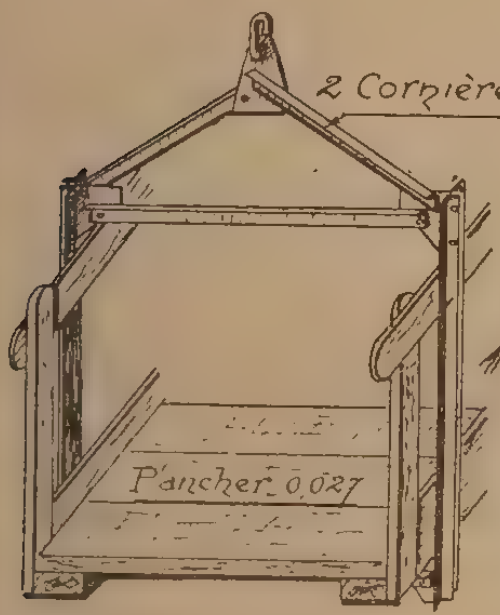



Fig. 70

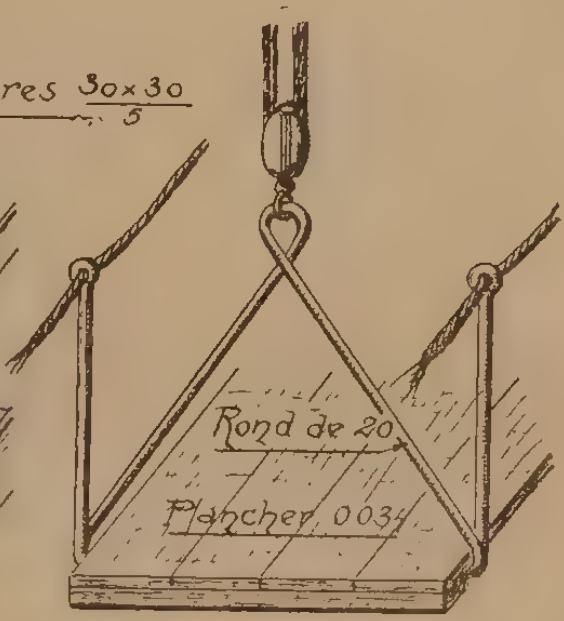



Fig. 71

On accroche la poulie supérieure soit à une pièce de charpente, soit à une poutre ou une saillie quelconque suffisamment solide, soit encore à un échafaudage suspendu. Le procédé de la figure 69 s'applique très facilement.

Le garde-corps est obligatoire sur tout l'échafaudage. Pour l'échafaudage volant qui pourrait basculer il doit exister sur les deux faces.

## COFFRAGE

Sauf dans les cas spéciaux où le coffrage franchit de larges espaces sans étais ou lorsque les charges sont considérables, il n'est pas remis au constructeur de dessin indiquant la façon de l'exécuter.

Pour des travaux comportant seulement des piliers, des poutres et dalles, le contre-maître se tirera seul d'affaire. S'il y a une complication de forme ou si la condition de résistance prime les autres, une étude de bureau s'impose au préalable. Dans les autres cas l'étude du coffrage consiste à trouver le dispositif le plus économique. La dépense de main-d'œuvre étant toujours plus importante que celle du bois, c'est à l'économie de main-d'œuvre qu'il faut viser.

Par exemple le coffrage d'un profil à retraites successives sera bien plus économique par le procédé de la figure 73 que celui de la figure 72, quoique employant davantage de bois.

On s'inspirera des considérations suivantes :

*a*) Il faut réaliser un système indéformable sous le poids de la surcharge et sous la poussée latérale du vent et du béton liquide. Cette dernière est considérable et on ne s'en méfie jamais trop. Le moindre inconvénient qu'elle puisse apporter est le gonflement des poutres et le fléchissement du plancher. Le seul remède, après coup, consisterait à appliquer des surchages d'enduits très onéreuses ;

*b*) Le coffrage doit être prévu pour ne pas

gêner la mise en place des fers et la coulée du béton ; cette condition peut obliger à coffrer en plusieurs fois en alternant avec le bétonnage ;

*c*) Il faut prévoir la façon dont sera fait le décoffrage sans dommage pour le béton, ni pour le moule ;

*d*) Il n'y a jamais inconvénient à employer des pièces de trop fort équarrissage ; tandis que des

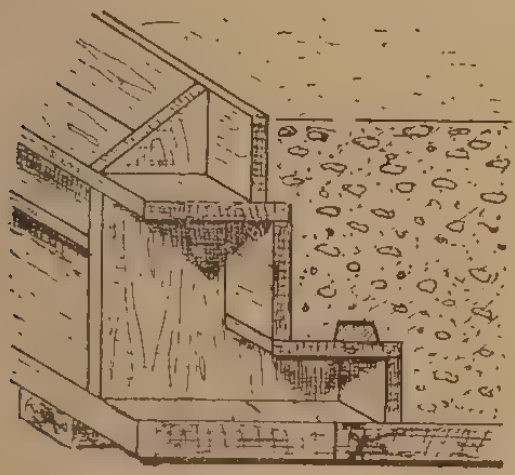


Fig. 72

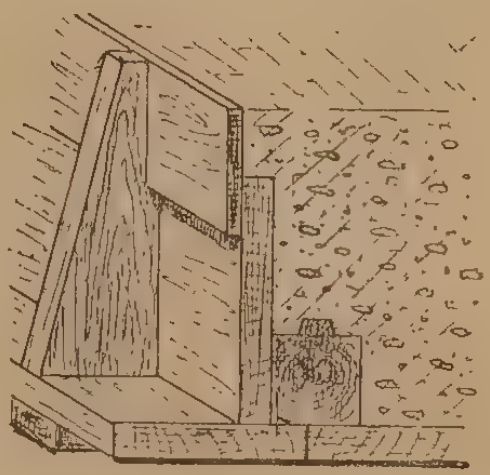


Fig. 73

pièces trop faibles amènent des désordres sérieux.

Pour les bois de largeurs strictement déterminées, on aura pris la précaution de les commander à ces dimensions exactes pour ne pas avoir à les refendre sur le chantier, cette opération étant très longue à la scie à main. Si on possède les bois emmagasinés d'avance, on peut en informer l'auteur du projet afin qu'il tienne compte dans la mesure du possible des dimensions des échantillons disponibles.

**Conduite du travail.** — Il existe plusieurs façons

de conduire le travail ; mais qui ne peuvent s'appliquer indifféremment :

1° *Travail à l'atelier.* — Les bois sont coupés de longueur et assemblés à l'atelier, puis transportés sur le chantier où il ne reste qu'à les monter avec exactitude. L'atelier dispose de machines-outils de sorte qu'on rabote les bois au moins sur la face en contact avec le béton. Il n'est guère plus onéreux de raboter les quatre faces et même de rainer les planches. Les assemblages sont plus solides, le béton ne fait pas de bavure aux joints des planches et on économise en enduit ce qu'on perd en rabotage.

Les avantages du procédé sont :

*a*) La rapidité et l'exactitude du travail ;

*b*) La perfection des surfaces obtenue après décoffrage ;

*c*) La possibilité de remplois nombreux des moules.

Les inconvénients sont :

*a*) La nécessité d'installer les ateliers à proximité du chantier ;

*b*) L'obligation d'observer exactement les cotes du dessin, de surveiller l'implantation du bâtiment, les aplombs et les alignements ;

*c*) La difficulté d'application aux petits chantiers et aux bâtiments de forme irrégulière ;

2° *Travail sur le chantier.* — Les bois sont entièrement travaillés sur place avec des outils à main. Si les bois doivent être rabotés, l'opération sera faite avant de les amener sur le chantier. Dans le cas contraire, les surfaces brutes de dé-

coffrage sont rugueuses et présentent le dessin des fibres du bois. Il se produit des arrachements de béton au décoffrage et il devient nécessaire d'enduire toute la surface.

L'opération est conduite de la façon suivante :

Le chef de boisage dispose des dessins, plans et coupes du bâtiment à construire, fixés sur des planchettes. Il prend lui-même les mesures sur place et compare aux cotes du dessin. La tolérance est de 1 à 2 centimètres quand les coffres sont faits à l'atelier, 4 à 5 quand ils sont faits sur place. Il dirige à la fois les ouvriers qui préparent les coffres et ceux qui les montent. Les charpentiers qui assemblent les coffrages disposent chacun d'un établi. Le chef de boisage leur distribue les croquis des pièces qu'ils ont à exécuter, ou mieux, il les trace sur un tableau en indiquant les cotes, les épaisseurs, les faces rabotées, etc... Chaque charpentier va au dépôt choisir ses bois qu'un manœuvre l'aide à apporter.

Les planches épaisses et les madriers servent à coffrer les poteaux et les sous-faces de poutres et, si ces bois ont été classés par largeurs comme il a été indiqué, le choix est immédiat.

Les planches de 27 millimètres étant classées par longueur, l'ouvrier qui doit assembler un panneau va aux planches de longueur convenable et en tire un certain nombre qui, juxtaposées, donneront la largeur du panneau.

Le travail est donc exécuté avec le minimum de temps et le minimum de déchets.

Les manœuvres, par équipes de deux, sont chargés

de la pose. Le chef de boisage leur indique l'emplacement et la disposition de la pièce ; ils l'alignent, la nivellent, la plombent, puis la fixent par quelques clous ; enfin ils la consolident sur les indications du chef et placent des chandelles qu'on leur apporte sciées à la longueur convenable. Ils disposent les coins, étrésillons, arc-boutant, équerres, etc...

Assez souvent ce dernier travail est laissé à une équipe de manœuvres qui utilise le plus possible les bois de rebut et les chutes qu'ils ajustent eux-mêmes à la scie et à l'égoïne. Les bois de réemploi auxquels adhère du ciment sont taillés à la hachette.

**Clouage et serrage.** — Les panneaux qui doivent être posés et décoffrés d'une seule pièce sont assemblés sur l'établi ; ils sont maintenus rigides par des traverses sur lesquelles les planches sont bloquées solidement par des clous de 7 centimètres qui traversent les deux épaisseurs de bois et sont rabattus sur la face extérieure.

La jonction des panneaux entre eux doit résister à la poussée du béton et cependant permettre un décoffrage facile. Si l'assemblage n'est assuré que par des clous, il faudra, dans les poutres et piliers, les rapprocher à 0,15 ou 0,20 centimètres d'intervalle ; mais au décoffrage on aura beaucoup de peine à arracher ces clous rouillés.

Il est préférable de ne placer que quelques clous graissés et d'opérer le serrage par des boulons, des coins et des *serre-joints* en bois ou en fer (fig. 74 et 75).

**Graissage.** — Même si le bois est raboté, le ciment adhère légèrement au premier emploi, puis davantage aux suivants, et il se produit au décoffrage des arrachements de bois ou de béton. Le graissage s'impose si les coffres doivent servir plusieurs fois ; il est effectué avant le montage parce qu'il serait ensuite difficile d'accéder aux

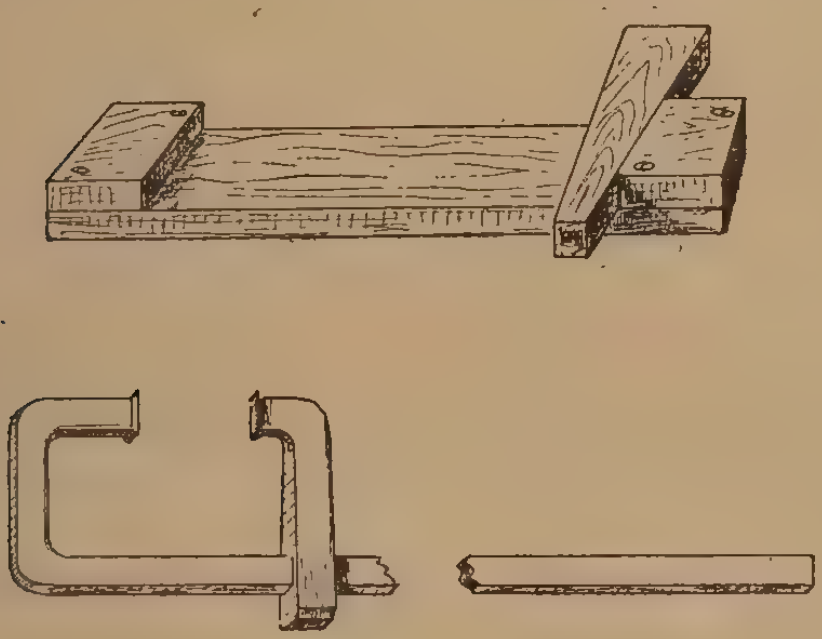


Fig. 74-75

coffres étroits. On emploie de l'huile de pétrole rendue fluide par réchauffage. Il est inutile de recommencer le graissage à chaque emploi du moule.

Quand le béton doit être enduit, il faut se garder de graisser les coffres, parce que l'enduit n'adhérerait plus au béton.

**Ragréage du coffrage.** — Si bien exécuté que soit le coffrage il existe des joints qui bâillent, des

flaches et des trous dans le bois. Au décoffrage, le béton qui se sera introduit dans ces fissures coincera les bois et les fera éclater ; en outre la surface présentera des bavures qu'il faudra tailler au ciseau.

C'est pourquoi, il est préférable de visiter au préalable la surface du moule et de faire tous les raccords avec de la terre glaise ou du plâtre.

Pour les surfaces gauches qu'on veut conserver brut de décoffrage, le ragréage s'impose.

**Nettoyage du coffrage.** — Les copeaux et les pointes sont enlevés à la main ; la sciure est balayée sur les surfaces accessibles. Dans les coffres des poutres, on la chasse par projection d'eau à la lance ; l'eau s'écoule à l'extrémité par une ouverture qu'il ne faudra pas oublier de reboucher ensuite.

La suie, la poussière, les feuilles mortes peuvent s'abattre en permanence sur le coffrage et on préservera les coffres des poutres par des planches jusqu'au moment de la coulée parce que ces parties ne sont plus visitables après la mise en place des fers.

**Vérification du coffrage.** — L'action du soleil est très nuisible au coffrage : les planches sèchent, se voilent et arrachent les clous ; les joints s'ouvrent et les serrages se détendent.

Quelques heures avant la coulée on arrose abondamment ; les bois se détendent, les planches voilées sont dégauchies en enfonçant quelques clous supplémentaires. Le serrage de tous les joints est vérifié.

**Coffrage gauche.** — Les surfaces courbes sont théoriquement impossibles à coffrer avec des planches planes ; mais en pratique on arrive toujours à se tirer d'affaire parce que les planches minces sont assez souples pour se voiler légèrement et parce qu'on peut se rapprocher autant qu'on veut d'une surface courbe par la juxtaposition d'une multitude de petits éléments plans.

Le cas sera examiné en détail à la quatrième partie du volume : pour les surfaces cylindriques au chapitre des arcs ; pour les surfaces sphériques au chapitre des cuves ; pour les surfaces à courbures contrariées (1) au chapitre des escaliers.

**Systèmes spéciaux de coffrage.** — Nombre de brevets ont été pris par des inventeurs de systèmes rapides de coffrage.

Les uns emploient des moules démontables en bois ou en tôle ; d'autres des moules en plâtre, en béton et en poterie qui restent en place.

Ces systèmes sont assez pratiques pour les planchers d'habitation dont l'ossature est peu compliquée (2) ; mais, peu ont survécu s'appliquant aux autres cas.

**Etaiement.** — Les étais appelés encore étançons, étiques ou chandelles, sont des pièces de sapin de $8 \times 8$ à $20 \times 20$ d'équarrissage, ou encore des perches de sapin, de bouleau ou de chêne brut.

Plusieurs conditions sont à réaliser :

1° Un appui large sous les pièces supportées.

1. En terme de métier ces surfaces sont dites en aile de pigeon ou en aile de moulin à vent.
2. Voir 5e Partie.

Un dispositif très simple sinon très efficace consiste à tourner le gros bout des perches vers le haut, mais il est meilleur de coiffer l'étai d'un chapeau maintenu par deux contrefiches (fig. 76) ;

2° Un appui résistant sur le sol.

Un étai porte au moins 1000 kilogrammes et il est impossible d'appliquer directement une telle

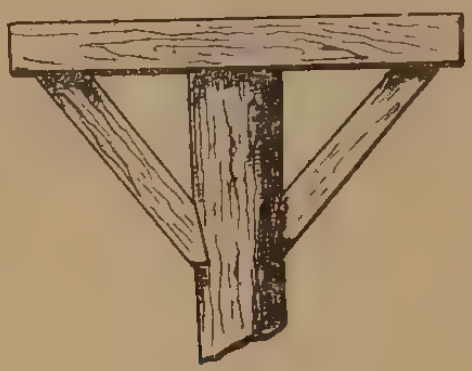


Fig. 76

charge concentrée sur une aussi faible surface du sol ou d'un plancher car, même si la dalle résistait, son fléchissement passager serait préjudiciable à la bonne exécution du travail.

On fait reposer le pied de l'étai par l'intermédiaire d'une *semelle* (appelée encore *couche* ou *couchis*) simple chute de madrier ou de planche épaisse et de surface suffisante pour répartir convenablement la pression sur le sol ;

3° Un système de calage.

Le calage a pour but de bloquer énergiquement les étais, de remédier aux fléchissements qui peuvent se produire pendant la coulée et de faciliter le coffrage.

Pour cela on intercale entre le pied de l'étai et la semelle deux coins très aigus, taillés à la hache dans des chutes de planches. Lors de la pose on fait en sorte qu'il reste encore une latitude minimum de 2 centimètres de serrage.

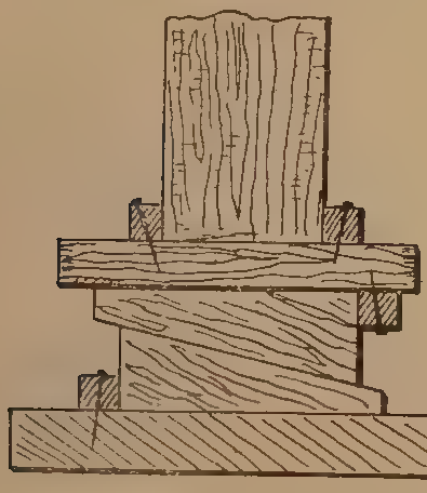


Fig. 77

Fig. 78

Pour les étais lourdement chargés ce système est insuffisant parce que trop brutal.

On emploie alors des coins en bois dur mieux ajustés dont les surfaces de contact sont rabotées (fig. 77) et des vérins.

Un autre système simple consiste à combiner les coins ordinaires avec la boîte à sable (fig. 78). Au coffrage, le serrage est opéré par les coins et au décoffrage, l'écoulement réglable du sable rend la prise de charge aussi progressive que l'on veut.

**Résistance des étais.** — Dans les bâtiments courants où les charges de béton ne dépassent pas 400 kilogrammes par mètre carré de plancher,

les étais ne sont pas calculés et leur nombre est déterminé par le risque de fléchissement du coffrage entre deux étais consécutifs. Le problème sera traité plus loin.

Si les piliers sont très élevés, la dépense de coffrage est notablement accrue ; aussi, un artifice très pratique consiste-t-il à laisser aux poteaux en béton le temps de durcir et à faire reposer tout le coffrage sur ces poteaux par l'intermédiaire de poutres en bois ou en fer.

Il faut aussi se préoccuper du risque de déplacement ou de flambage des étais pendant le bétonnage.

Les étais étant fixés aux coffres par la tête, on éviterait complètement leur déplacement en entretoisant les pieds, mais on rendrait ainsi inutilisable tout l'espace sous le coffrage ; or, sur les chantiers à l'étroit, le moindre espace libre a sa valeur. On entretoise alors les chandelles à mi-hauteur, laissant ainsi un espace libre utilisable pour emmagasiner les matériaux.

Les travées réservées à la circulation sont entretoisées à hauteur convenable.

Ce mode de liaison a encore un autre avantage : il réduit de moitié la longueur libre des chandelles, augmentant considérablement la résistance au flambage.

Par exemple, un étai $12 \times 12$ en sapin ne peut soutenir que 1000 kilogrammes à 6 mètres ; tandis qu'entretoisé à mi-hauteur il peut porter 3.500 kilogrammes en toute sécurité.

Pour réaliser convenablement cet entretoise-

ment, on se sert de planches hors d'usage les plus longues possibles qui sont cloués à plat sur plusieurs étais d'une même file. Pour être efficace contre le flambage, il est obligatoire de disposer deux files d'entretoises en sens perpendiculaire.

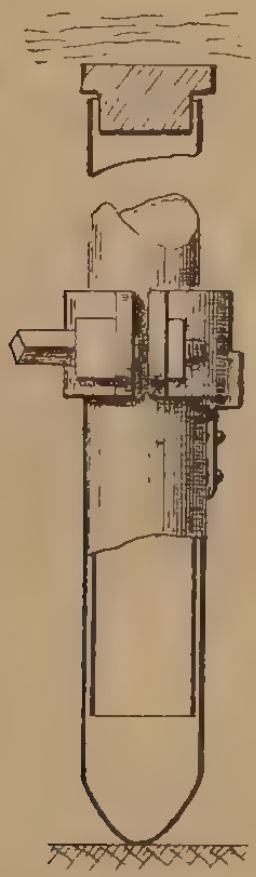


Fig. 79

**Réemploi des étais.** — Pour un premier usage on se procure des étais de longueur exacte ; mais dans la suite on est amené à les raccourcir quand besoin est.

L'allongement des étais est plus délicat parce

que les risques de flambage augmentent avec la présence des joints.

Les pièces aboutées sont de section semblable et les surfaces de contact sont taillées bien de niveau.

L'assemblage est fait par des colliers, des crampons ou des planches clouées sur les quatre faces du poteau.

La fatigue du joint est d'autant moindre qu'il est plus proche des extrémités ou de l'attache des entretoises.

**Etais métalliques.** — Certains constructeurs emploient des étais télescopiques en acier (fig. 79) qui paraissent très séduisants au premier abord. En réalité ils sont coûteux et après quelques usages le coulissement n'est plus aussi doux qu'il serait désirable.

## ACIERS

Au début, le seul métal employé était le fer qui a l'avantage d'être malléable et dont la résistance de sécurité est de 8 à 10 kilogrammes par millimètre carré.

L'*acier doux*, aujourd'hui préféré est encore assez malléable à froid et sa résistance qui atteint 10 à 12 kilogrammes est bien plus régulière que celle du fer. A résistance égale il est meilleur marché que le fer.

Il faut proscrire l'emploi d'acier dur qui a certes une plus grande résistance mais qui ne peut pas

être travaillé à froid et reste fragile à chaud. Il détériore rapidement les outils, les cisailles, les redresseuses, etc...

Les barres rondes sont celles que l'industrie fournit au meilleur prix. Certains constructeurs emploient cependant des fers de section rectangulaires.

Les fers *Ransome* sont des barres carrées tordues en hélice. Les fers *Johnson* portent des proé-

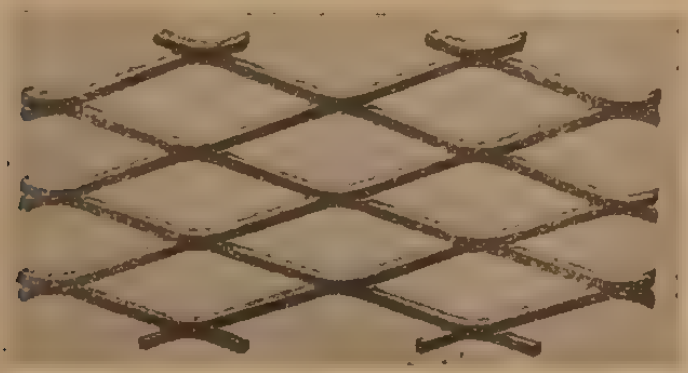


Fig. 80

minences sur leurs faces. Ces fers employés en Amérique ne semblent pas présenter d'avantage sérieux sur les fers ronds.

*Par contre, le métal déployé* (fig. 80), est très intéressant pour l'armature des dalles. C'est un treillis d'acier obtenu en découpant incomplètement dans une tôle des lanières parallèles et en leur donnant en même temps par étirage la forme de losanges. Ce treillis est très résistant et d'emploi commode.

| ÉLÉMENTS | | DÉTAIL DES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 m/m | | | 8 m/m | | |
| | | Nb | l | L | Nb | l | L |
| Semelle et | Quadrillage | | | | 28 | 1.40 | 39.20 |
| Poteau $P_1$ | Ligatures | 12 | 1.00 | 12 » | | | |
| | d° Poteau | | | | 18 | 1 60 | 28.80 |
| | Φ longitud. | | | | | | |
| Poutre 13 *a* | Φ tension | | | | | | |
| | d° | | | | | | |
| | Φ compres. | | | | | | |
| | Etriers | | | | 84 | 1.15 | 96.60 |
| Dalle (240 m²) | Φ tension | | | | | | 2.640 |
| (1/10 en plus) | Φ répart. | | | 1.584 » | | | |
| Encorbellem. | Φ tension | | | | 16 | 2.20 | 35.2 |
| | Φ répart. | 8 | 2.10 | 16.80 | | | |
| | Chapeaux | | | | 720 | 1.00 | 720 |
| Total en longueur..... | | | | 2.860.30 | | | 4.320 |
| Poids au mètre courant..... | | | | 0.22 | | | 0.3 |
| Total en poids..... | | | | 629.27 | | | 1.693. |

ARMATURES

| 10 m/m | | | 12 m/m | | | 15 m/m | | | 25 m/m | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nb | *l* | L | Nb | *l* | L | Nb | *l* | L | Nb | *l* | L |
| | | | | | | 8 | 3.40 | 27.20 | | | |
| | | | | | | | | | 3 | 5.40 | 16.20 |
| | | | | | | | | | 3 | 7.70 | 23.10 |
| 3 | 7.50 | 22 50 | | | | | | | | | |
| | | 1.370.60 | | | 493.75 | | | 681 15 | | | 468.80 |
| | | 0.612 | | | 0.881 | | | 1.377 | | | 3.824 |
| | | 838.81 | | | 435 » | | | 937.94 | | | 1.792.69 |

**Commande des fers.** — Le bureau d'études qui établit le projet remet en même temps la liste de commande des fers classés de la façon précédente.

Quand on dresse soi-même la liste d'après les plans, il faut procéder avec beaucoup de méthode pour ne rien oublier.

Soit, par exemple, à établir le détail des fers du plancher représenté aux figures 57, 58 et 59.

Dans une première colonne sont énumérés tous les éléments de la construction : semelles, poteaux ; poutres, dalles, etc..., en réservant plusieurs lignes pour chacun. Les éléments semblables sont répétés ; par exemple : **13** *a*, **13** *b*, **13** *c*, etc..., sont des poutres distinctes du modèle **13**.

A chaque diamètre de fers correspondent trois colonnes : dans la première est inscrit le nombre de fers semblables, dans la seconde leur longueur et dans la troisième le produit de ces deux facteurs.

Pour chaque élément on inscrit successivement les barres de tension, les barres de compression, les étriers et les barres d'encastrement. Il suffit ensuite d'additionner les troisièmes colonnes pour avoir la longueur totale, d'où le poids des barres de chaque diamètre.

Même si ce tableau n'est pas nécessaire pour la commande des fers, il est très utile au moment du ferraillage pour éviter les méprises.

En prévision d'omissions possibles, on commande quelques barres supplémentaires des diamètres les plus courants.

Aux fers de 10 millimètres et au-dessous on ajoute 1/10 aux longueurs calculées pour tenir compte dès recouvrements et des chutes.

Les barres peuvent avoir jusqu'à 18 mètres de longueur ; mais elles sont alors difficiles à manier et à transporter. Les barres de faible diamètre peuvent être pliées en deux, puis liées en bottes. Au moment de l'emploi, il faut redresser le coude, mais la résistance de la barre est forcément diminuée à cet endroit parce que le coude est court et que le métal fatigue pendant l'opération.

Les fers de diamètre inférieur à 10 millimètres, tréfilés, livrés en couronnes sont avantageux parce qu'il est possible sur le chantier de les couper sans qu'il reste de chutes inutilisables. Ceci supprime aussi les recouvrements dans les fers des hourdis et on appréciera cette économie en remarquant que les recouvrements font perdre 1/30 en moyenne de la quantité totale de fers employés. Le diamètre des couronnes est assez grand pour que l'inconvénient signalé pour les barres pliées n'existe plus. Enfin, la manutention des couronnes qui pèsent 50 à 100 kilogrammes est facile et le prix est inférieur à celui des fers laminés.

Pour les fers de diamètre supérieur à 10 millimètres, l'avantage disparaît. Ces fers ne s'emploient ni pour les hourdis, ni pour les étriers ; ils sont durs à redresser et les machines employées pour les petits fers ne conviennent plus.

**Conditions de vente des aciers.** — Les fers et aciers sont vendus au poids ; mais le prix varie

suivant les dimensions et la qualité. Le Comité des Forges de France a établi une classification qui permet de retrouver les prix de tous les fers avec un petit nombre de données.

Les fers ronds employés dans le béton armé appartiennent suivant le diamètre à l'une des cinq premières classes :

| | | |
|---|---|---|
| 1re | classe | d = 30 m/m et au-dessus. |
| 2e | — | 17 m/m à 29 m/m. |
| 3e | — | 12 m/m à 16,5 m/m. |
| 4e | — | 9,5 m/m à 11,5 m/m. |
| 5e | — | 8 m/m à 9. |
| 6e | — | 7. |

Les fers de diamètre inférieur à 7 millimètres ne sont pas compris dans la classification.

Le *prix de base* est celui d'une tonne d'acier doux de la première classe.

L'*écart de classe* est la majoration à appliquer au prix de base pour avoir le prix d'une tonne d'acier de deuxième classe. Pour la troisième classe, on ajoute deux fois l'écart et ainsi de suite.

Il existe d'autres majorations de prix :

1° Pour la *nuance*, c'est-à-dire la dureté.

Le prix de base étant établi pour l'acier doux à béton, cette majoration n'a pas d'intérêt ici ;

2° Pour la *qualité* qui dépend du mode de fabrication, de la pureté des matières premières ; conditions qui peuvent être imposées par le cahier des charges de l'entreprise ;

3° Pour les *courtes ou grandes longueurs ;*

4° Pour les *longueurs fixes ;* cette majoration

variant suivant la tolérance admise : 10 à 15 centimètres en général.

EXEMPLE. — Déterminer le prix d'une tonne de ronds à béton, qualité ordinaire, diamètre 14 millimètres, longueur 12 m. 40, réceptionnés en usine.

Le décompte s'établit comme suit :

| | |
|---|---|
| Prix de base..... ..... | 620,00 fr. |
| Deux écarts de classe 2 × 10,00.. | 20,00 fr. |
| Nuance (pas de majoration)..... | 0 fr. |
| Qualité (pas de majoration)..... | 0 fr. |
| Grandes longueurs (5 fr. par mètre au-dessus de 10 m )..... | 15,00 fr. |
| Longueur fixe avec tolérance de 15 cm.... ..... | 5,00 fr. |
| Réception en usine..... | 2,00 fr. |
| Total..... | 662,00 fr. |

**Substitutions.** — Il peut arriver que le fournisseur n'ait pas en stock tous les diamètres ni toutes les longueurs demandées. On spécifie dans la commande que le fournisseur ait à faire connaître les substitutions qu'il propose pour les fers qui lui font défaut. Pour les longueurs, il n'y a généralement pas de difficultés. Pour les diamètres, il propose des diamètres supérieurs. Si ces modifications portent sur de gros tonnages elles peuvent entraîner une notable augmentation de la dépense.

Si les fers sont pris dans un dépôt où il n'existe que des longueurs commerciales : 8, 10 et 12 mètres ; il y a forcément des chutes inutilisées que le marchand n'accepte pas de conserver. En con-

sultant le tableau des fers nécessaires, on s'ingénie à les grouper par deux ou trois dont les longueurs ajoutées fassent une longueur courante.

**Réception et essai des aciers.** — La réception est la série d'épreuves et de vérification que l'on fait subir aux matériaux avant d'en prendre livraison. Elle a lieu au départ de l'usine parce que le fournisseur impose cette condition et que seule l'usine est outillée pour conduire convenablement les essais.

La réception donne lieu à une majoration de prix.

L'entreprise détache un agent intègre pour surveiller les essais de réception.

**Vérification de quantité.** — Une vérification rapide mais grossière consiste à peser le chargement total ; cette pesée faite à l'arrivée à destination est utile pour dénoter les manquants possibles dont les Compagnies de transports sont responsables.

Au départ, l'agent réceptionnaire devra vérifier pour chaque groupe de barres : le daimètre, le nombre et la longueur. Pour les ronds en couronne il vérifie le diamètre et le poids total. Deux manœuvres suffisent à la manutention et la mesure des longueurs.

La mesure des diamètres est faite au pied à coulisse. Par l'habitude, on apprécie le diamètre à l'œil à 1 millimètre près.

La *jauge* (fig. 81 et 82) est un instrument peu délicat utile aux ouvriers sur le chantier ; mais d'une précision insuffisante dans le cas présent.

Le diamètre d'une barre ne doit, pas être pris près d'une extrémité ni d'un coude où il existe des déformations locales.

**Examen extérieur des aciers.** — Les barres

Fig. 81

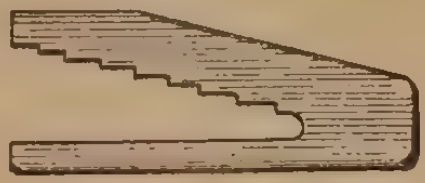


Fig. 82

doivent être propres, exemptes de rouille et de suie. Achetées en usine, elles ne risquent que d'être légèrement rouillées ce qui ne présente pas d'inconvénients. Les barres doivent être droites et de section régulière ; si le profil n'est pas trop

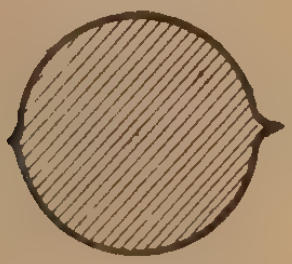


Fig. 83

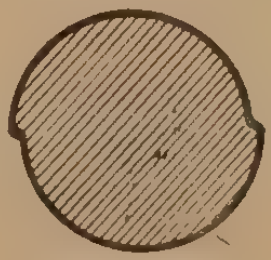


Fig. 84

déformé (fig. 83 et 84) ; si la section est constante et égale à celle des barres demandées, il n'y a pas lieu de les refuser ; mais cela entraîne des observations et une moins-value sur le prix d'achat.

Les barres de diamètre supérieur à 10 milli-

mètres livrées pliées ou en couronnes ne sont acceptées que si cela était convenu. Il faut s'assurer que l'enroulement des couronnes est bien régulier pour ne pas causer de perte de temps au redressement. Les extrémités du fil en couronne sont parfois tordues sur plusieurs spires rendant ces parties inutilisables.

En examinant de près la surface des barres, on reconnaît les *pailles* qui sont des écailles détachées de la surface du métal ; les *criques* ou *gerces* petites fentes qui indiquent que le métal est mal travaillé.

En coudant doucement à froid la barre au droit de ce défaut on le fait apparaître plus nettement, ainsi que d'autres qui pouvaient passer inaperçus. Les barres sont coudées à 90° le rayon intérieur du coude étant égal à deux fois le diamètre de la barre. Un coude plus prononcé pourrait faire apparaître des déchirures même sur une barre saine.

Les pailles et les criques sont des défauts graves mais rares et il faut refuser les fers qui les présentent.

**Vérification de nuance.** — Il faut s'assurer qu'on a affaire uniquement à de l'acier doux ; l'acier dur se distingue à la difficulté qu'on a à le couder à la main dès que le diamètre atteint 10 millimètres. La barre résiste, fait ressort et tend à reprendre sa forme primitive ; tandis que l'acier doux conserve la forme qu'on lui donne. Pour une barre de plus fort diamètre on engage l'extrémité dans un trou ou entre deux tenons et

on essaie de la plier en poussant à l'autre extrémité. La façon dont la barre résiste indique tout de suite la dureté du métal. Il ne faut pas essayer cette opération de coudage à la machine parce que l'acier dur la mettrait rapidement hors d'usage.

Le fer se distingue de l'acier par l'examen de la cassure. Pour briser une barre sur le chantier, on amorce la cassure par une entaille faite à la tranche à froid, près de l'extrémité de la barre ; on plie ensuite la barre comme il vient d'être expliqué jusqu'à la rupture.

La cassure de l'acier est plane ou légèrement concave de couleur grisâtre et montre des grains cristallisés à facettes brillantes. La cassure du fer n'a pas de forme nette ; il y a arrachement et déchirement des fibres ; la teinte est bleuâtre.

**Vérification de résistance de la traction.** — Cet essai nécessite des machines puissantes et précises qu'on ne trouve que dans les laboratoires d'usines ; il a une grosse importance et mérite toute l'attention de l'agent réceptionnaire auquel la connaissance de la méthode et de la machine employées sont nécessaires pour vérifier la sincérité de l'opération sous peine de rendre illusoires les bons résultats enregistrés. Les détails de cet essai ne peuvent entrer dans le cadre de ce volume.

**Essais divers.** — Les essais de façonnage à chaud et à froid, les essais au choc, etc... sont intéressants mais non indispensables ; du moins les épreuves indiquées précédemment donnent des

garanties suffisantes pour les aciers à béton.

**Transport.** — Les fers semblables arrivent de l'usine liés en bottes étiquetées. S'il y a lieu de les transborder pour les conduire au chantier, on veille à conserver ces bottes intactes. Si elles sont trop lourdes à déplacer, on les délie pour les charger ; puis on les lie de nouveau en replaçant l'étiquette.

Les fers de longueur supérieure à 6 mètres ne peuvent être transportés sur un véhicule ordinaire. La saillie que peuvent faire les fers à l'extérieur du véhicule sans se déformer dépend de leur diamètre. En plus des risques de mettre à mal les fers et la voiture, on s'expose, si les fers traînent sur le sol, à dégrader les routes et à voir le chargement glisser. A défaut de véhicule convenable, on évite cet inconvénient en faisant reposer l'extrémité des fers sur une remorque ou un simple essieu attaché derrière la voiture.

Le chargement est limité par le poids et non par l'encombrement. Il faut veiller à ne pas dépasser le tonnage admis surtout lorsque les fers dépassant de la plate-forme reportent le poids entier sur l'essieu arrière.

**Disposition du parc aux aciers.** — Dans la mesure du possible ,on choisira pour le parc un emplacement vaste, clos, nivelé, accessible aux voitures et proche du chantier.

Les barres ne portent pas directement à terre, mais sont alignées sur des rangs de madriers parallèles écartés de 3 mètres environ et séparés eux-mêmes du sol par des briques assez

rapprochées pour éviter la flexion des madriers sous le poids des barres.

Sur le madrier de tête on cloue de grosses pointes qui séparent les lots et empêchent les barres de se confondre après le triage. L'espacement de ces pointes dépend de l'importance de chaque lot ; si on dispose d'un large espace, on fera en sorte que les barres ne se chevauchent pas, mais soient allongées côte à côte pour qu'on puisse les compter, les mesurer et les enlever commodément.

Si l'espace est trop exigu, on pourra être obligé de dresser les barres le long d'un mur ou de les appuyer sur de grands chevalets spécialement construits.

Le parc est aménagé avant l'arrivée des fers pour éviter une manutention supplémentaire.

**Classement des aciers.** — Le classement des aciers dès leur arrivée au chantier est immédiat si les opérations indiquées plus haut ont été faites convenablement. Les avantages de ce classement sont multiples : la recherche des fers est facilitée et peut être confiée à un manœuvre, les erreurs et doubles emplois sont impossibles, les manquants et les vols sont décelés aussitôt. Deux modes de classement peuvent être adoptés :

1° Les barres sont groupées par diamètre et par longueurs. Ce classement est utile si les barres sont façonnées au fur et à mesure de leur mise en place, sur les indications du chef de chantier ; mais cette manière de travailler amène des pertes de temps, les équipes devant s'attendre l'une l'autre.

Quand les fers n'arrivent pas coupés de longueur on les classe provisoirement de cette première façon ;

2° Les barres sont groupées par élément de la construction ; chaque lot renfermant par exemple tous les fers d'une même poutre. L'avantage de ce second système est que le chef de chantier ayant donné les indications nécessaires pour le travail des barres de chaque élément, l'équipe peut continuer seule sans être liée par la marche trop lente des ouvriers ferrailleurs.

**Nettoyage des aciers.** — En principe les barres arrivent propres de l'usine et étant manipulées soigneusement ne devraient pas avoir besoin d'un nettoyage.

La *rouille* est impossible à éviter complètement. Si elle est superficielle, en taches brunes très adhérentes, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper ; l'adhérence au béton sera même supérieure à celle de barre propres.

Si elle est uniforme et se détache en lamelles ou en poussière rouge, il est nécessaire de l'enlever en frottant avec une brosse métallique. Un transport sur route et un déchargement suffisent à la faire disparaître.

Enfin, si la rouille a rongé le fer plus avant, diminuant sensiblement la section des barres, il faut réserver ces dernières pour d'autres usages que le béton armé.

La *boue* est évitée en manipulant les barres par temps sec, en ne les posant pas à terre, en interdisant la circulation des enfants, des chevaux

et des voitures dans le parc. Les taches de boue s'enlèvent par brossage après séchage.

La chaux et surtout le *plâtre* sont nuisibles. Ce dernier ronge l'acier et empêche complètement l'adhérence au béton. Il est à redouter quand, sur le chantier travaillent simultanément des cimentiers et des plâtriers, quand on transporte du plâtre sans précaution ou encore quand on emploie certains systèmes de coffrages en plâtre.

La *crasse* qui se dépose sur les fers emmagasinés près des usines disparaît péniblement par brossage et sablage.

## PRÉPARATION DES ARMATURES

**Cisaillage; travail des gros fers.** — Cette opération n'est pas nécessaire si les fers ont été commandés de longueur convenable. Dans l'autre cas on ne débite pas les barres au hasard, mais d'après les instructions de la personne qui a établi la liste de commande.

Il est nécessaire de pouvoir couper tous les fers de 5 à 35 millimètres. On trouve à cet effet dans le commerce des appareils simples et robustes, fonctionnant par levier à action directe et coupant de 5 à 14 millimètres. Les cisailles coupant à froid les diamètres supérieurs à 14 millimètres sont plus lourdes. Les unes fonctionnent par levier avec démultiplication ou excentrique. D'autres, mues par pignon et vis sans fin sont d'une manœuvre plus douce mais aussi un peu plus longue.

Pour économiser le temps on emploie des ci-

sailles assez robustes pour couper l'acier doux à froid ; mais on peut dans certains cas opérer à chaud sans dépense supplémentaire. Si, par exemple, de grosses barres sont à façonner en crochets aux extrémités, on profite de la chauffe obligatoire pour cette opération pour faire aussi la première.

Il ne faut jamais essayer de couper de l'acier dur, même de faible diamètre avec les cisailles de chantier.

A défaut de machine, les barres sont coupées à la tranche à froid. Ce travail long et pénible ne saurait être employé qu'exceptionnellement.

Pour une barre de 15 millimètres et au-dessous l'ouvrier l'appuie sur l'arête de l'enclume et frappe sans l'intermédiaire de la tranche ; la barre s'aplatit puis se rompt par simple flexion.

Les chutes sont mises de côté pour être utilisées comme il sera dit plus loin.

**Coudage.** — Cette opération consiste à donner aux barres leur forme définitive avant le montage des armatures.

Il faut absolument éviter d'avoir à faire l'*essayage* qui consiste à présenter le fer dans le coffre pour vérifier si sa forme est convenable. Cette manière de faire est inadmissible parce qu'elle oblige à ne travailler les fers qu'au dernier moment et qu'elle fait perdre beaucoup de temps par le va-et-vient continuel du parc au chantier. On l'évite en remettant aux ouvriers un dessin précis à grande échelle et exactement coté.

Le principe de toutes les machines à couder est le suivant :

La barre est engagée entre une butée *C* et un tenon *D* fixes, et un deuxième tenon *E* mobile

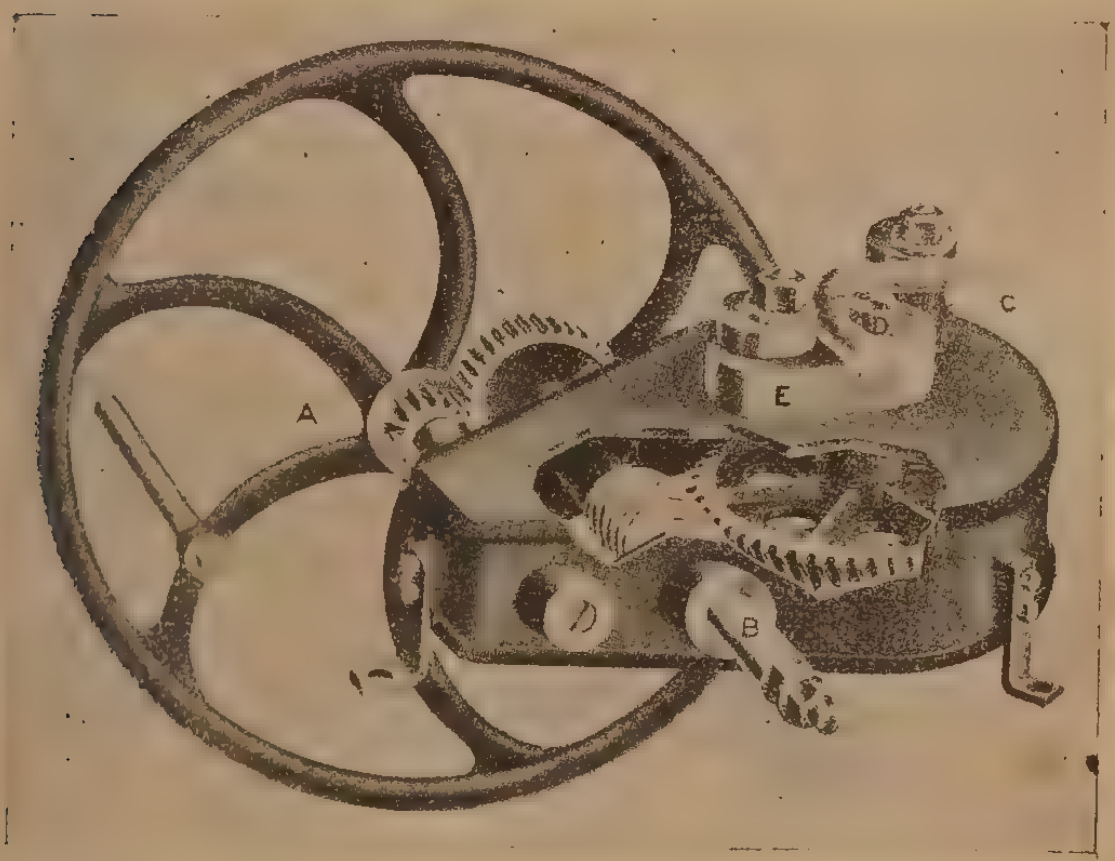



Fig. 85

autour du premier qui oblige la barre à s'enrouler autour de celui-ci.

Le mouvement est commandé par un levier ou mieux par engrenage et vis sans fin, les machines à levier ayant l'inconvénient de demander plus de place libre pour la manœuvre et d'être moins souples.

La *machine à couder Campistrou* (fig. 85) possède deux vitesses et permet de cintrer les fers jusqu'à 42 millimètres ; les engrenages sont protégés par un carter en fonte.

Les fers de diamètre supérieur à 25 millimètres sont coudés à chaud afin d'éviter le déchirement du métal.

L'équipe chargée de couder les fers comprend quatre hommes : deux manœuvres apportent et emportent les barres, un autre actionne la forge et le dernier la machine à couder.

Tous les fers semblables d'un même lot sont apportés ensemble et placés sur deux chevalets de hauteur telle que l'extrémité des barres se présente sur la forge et sur la machine à couder placées côte à côte ; il est donc inutile qu'un homme soit immobilisé à tenir les barres en main. Les fers semblables sont tous travaillés ensemble, d'abord à une extrémité, puis à l'autre. Ils sont retournés bout pour bout tous à la fois.

La forge employée est du modèle portatif courant en tôle avec soufflet ou ventilateur centrifuge. Les barres sont portées très rapidement au rouge cerise (1.000°) pour éviter l'oxydation et parce qu'à température inférieure l'acier est plus fragile qu'à froid. Si la chauffe est trop longue l'acier est brûlé et perd de sa malléabilité et de sa résistance. On veille à maintenir le feu couvert par la croûte, qui se forme dessus ; si la flamme jaillit la chauffe en est ralentie.

Il est difficile d'obtenir un travail continu parce que les temps de chauffe sont irréguliers et que

la forge ne suffit pas à fournir la machine à couder.

Crochets. — La plupart des grosses barres ont leurs extrémités terminées par deux crochets tournés du même côté. Le crochet type conforme à

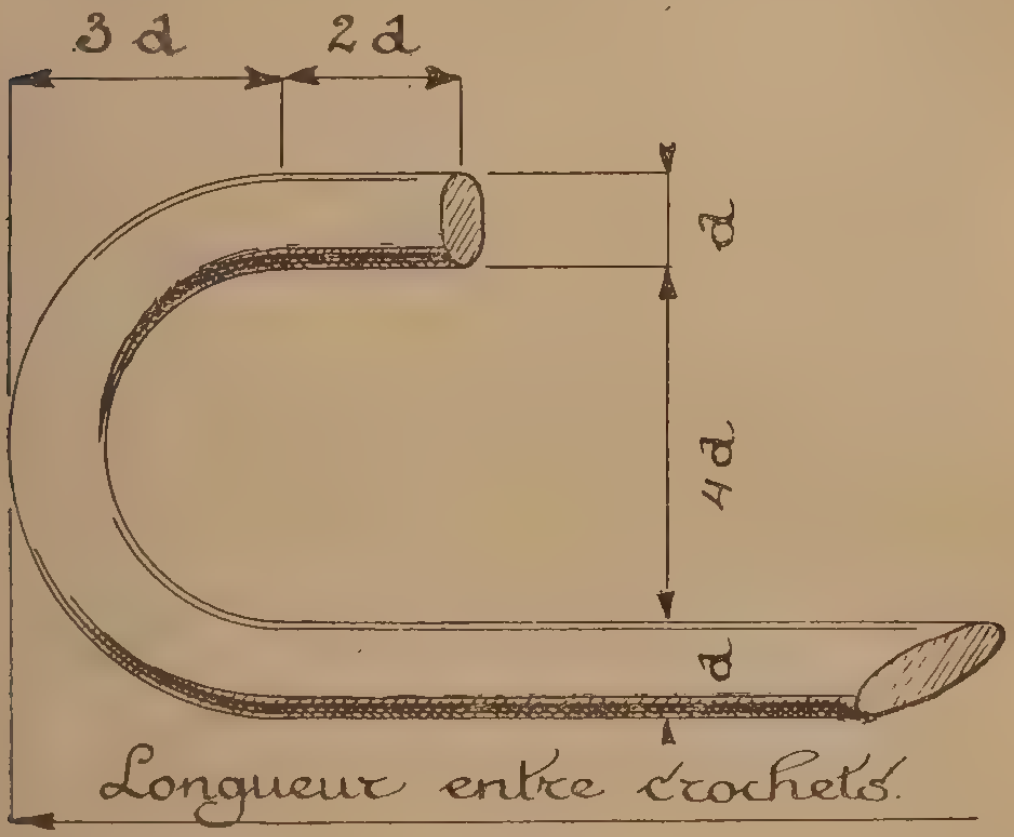



Fig. 86

la figure 86 a ses dimensions variables avec le diamètre des barres.

La longueur réelle développée d'une barre se calcule en ajoutant à la *longueur entre crochets* (fig. 86), sept fois son diamètre pour chaque crochet.

Par exemple, une barre de 20 millimètres de

4 mètres de longueur avec un crochet à chaque extrémité a une longueur développée de 4 m. 28.

Il y a lieu de faire attention à cette remarque quand les longueurs réelles des fers ne sont pas portées sur les dessins.

Les ouvriers chargés de faire les crochets n'ont pas en général à s'occuper de la longueur entre crochets, parce que, si la barre d'une poutre est trop longue, elle se prolongera dans la poutre suivante. Il arrive cependant que les barres ne puissent dépasser d'un côté ni de l'autre et les ouvriers en doivent être avertis.

**Pliage.** — Certaines barres aux coudes moins prononcés que les crochets peuvent être préparées à froid, quel que soit le diamètre.

Lorsque les barres semblables sont assez nombreuses et de diamètre inférieur à 15 millimètres on les travaille au gabarit.

On confectionne avec des planches de 50 millimètres un établi sur lequel on dessine à la craie le contour des poutres, puis celui des barres à couder.

Aux angles inturieurs A, A', B, B', on enfonce dans la table de solides goujons de 20 millimètres dépassant la table de 50 millimètres et on place une contre-butée C (fig. 87).

La barre étant engagée entre A et C, on la force à l'aide d'une pince (fig. 88) à se plier autour de A suivant A B, puis on opère de même autour des goujons B, B' et A'.

Il peut arriver que les barres dépassent plus à une extrémité qu'à l'autre : les longueurs nA et

n'A' sont inégales. Si on désire une symétrie plus approchée, on fait d'abord coïncider le milieu de la barre avec le milieu *m* de la poutre et on commence le pliage par les angles B et B'. Il faut

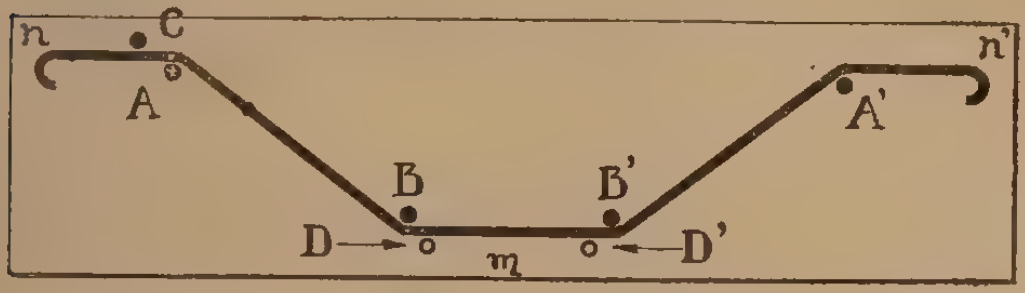



Fig. 87

alors remplacer le contre-goujon C par D et D'.

Les coudes obtenus ne sont pas aussi courts que ceux faits à la machine : mais cela n'a aucune importance. Si, cependant, la barre tendait à prendre des contours trop vagues, on placerait un

Fig. 88

contre-gougon à chaque angle et on saisirait la barre avec la pince très près du goujon.

Il faut surtout veiller à ce que la barre reste plane, parce qu'il est très difficile de redresser une barre gauche. Pour cela, pendant le pliage, on s'efforce de maintenir la barre au contact de l'établi et on manœuvre la pince horizontalement en rasant la table. Enfin, on retire la barre en

introduisant sous chaque coude un levier ou un coin.

L'élasticité du métal fait ouvrir légèrement les coudes quand la barre est enlevée du gabarit ; aussi prend-on sur l'établi la hauteur *h* légèrement plus grande que la hauteur réelle.

Quand les barres d'une même sorte sont peu nombreuses et quand leur diamètre dépasse 15 millimètres on les travaille à la machine à couder. Il faut alors une grande habitude pour couder les barres aussi régulièrement qu'au gabarit et le travail est bien moins rapide.

Pour vérifier les angles, on constitue avec trois lattes sommairement clouées une équerre qu'on présente sur la barre pendant le pliage. On peut aussi se servir comme modèle d'un fer de petit diamètre coudé à la main à l'angle désiré, mais on risque par inadvertance de modifier le coude du modèle. Enfin, le meilleur procédé consiste à compter le nombre de tours de volant de la machine qui donne l'angle nécessaire ou à placer une butée au levier de manœuvre. Dans tous les cas on veille à ne pas dépasser l'angle désiré, parce qu'il est difficile de redresser ensuite la barre.

**Travail des petits fers.** — Les petits fers sont employés :

1° Pour les barres de tension et de répartition des hourdis ;

2° Pour les ligatures des poteaux et les étriers des poutres ;

3° Pour le frettage.

**Redressage.** — Les fers arrivent en couronne et sont préalablement redressés à l'aide d'une machine spéciale.

Dans la *redresseuse Campistrou* le fil est entraîné par deux roues cannelées qui l'obligent à passer entre des couples de galets situés alternativement dans des plans horizontaux et verticaux. Le fil subit une série de petites déformations qui le rendent sensiblement rectiligne. Des vis de réglage permettent de modifier la pression des roues d'entraînement et de faire varier l'écartement des galets selon le diamètre du fil.

**Cisaillage.** — On coupe les barres de petit diamètre à l'aide de cisailles à main et de *coupe-boulons* en acier de nombreux modèles. Sans égard au prix, on adoptera un type qui possède des couteaux de rechange et qui puisse couper les ronds jusqu'à 10 millimètres.

Quand les fers à couper sont en grand nombre, comme c'est le cas pour les étriers, l'opération est fatigante pour l'ouvrier et pour l'outil, aussi vaut-il mieux employer une cisaille plus puissante qui sera fixée à la sortie de la redresseuse.

Aux ouvriers chargés du redressage et du cisaillage on remettra la liste des fers à préparer ainsi que des étiquettes où sont inscrits à l'encre indélébile les signes distinctifs des éléments de la construction auquels sont destinés ces fers.

Tous les fers d'un même diamètre sont préparés à la suite pour ne pas avoir à changer la couronne de fil placée sur le tambour.

A la sortie de la machine, on fixe une planche

horizontale sur laquelle glisse le fil et on cloue, à distance convenable du couteau de la cisaille, une butée en bois. Un premier manœuvre tourne la manivelle tandis qu'un deuxième guide l'extrémité du fil jusqu'à la butée. Le premier abat alors le levier de la cisaille. Il est encore possible de régler la longueur des barres en comptant le nombre de tours de manivelles, à supposer que les roues d'entraînement ne patinent pas sur le fil.

**Pliage.** — Les barres sont presque toujours terminées par des crochets qui sont faits en engageant une extrémité de la barre entre deux goujons et en la forçant avec une petite griffe (fig. 88) ou un tube d'acier, à contourner l'un des deux goujons.

**Etriers.** — Les étriers sont de forme variable selon les constructeurs (fig. 89 à 92) ; mais la forme 90 est la plus couramment employée.

Ils sont soit en fer rond de 5 à 12 millimètres de diamètre, soit en *feuillard* (fig. 92. Le fer rond de 10 millimètres est difficile à couder à la main, tandis qu'un feuillard de section 4 × 20 millimètres et quatre fois plus facile à plier tout en ayant une même résistance.

Il convient, comme pour le travail des barres, de préparer à l'avance un tableau et des fiches (fig. 93) qui indiquent :

Le diamètre du fer ;

La longueur développée de l'étrier ;

La hauteur intérieure de l'étrier.

Les trois premières données sont lues sur le dessin, les autres s'en déduisent.

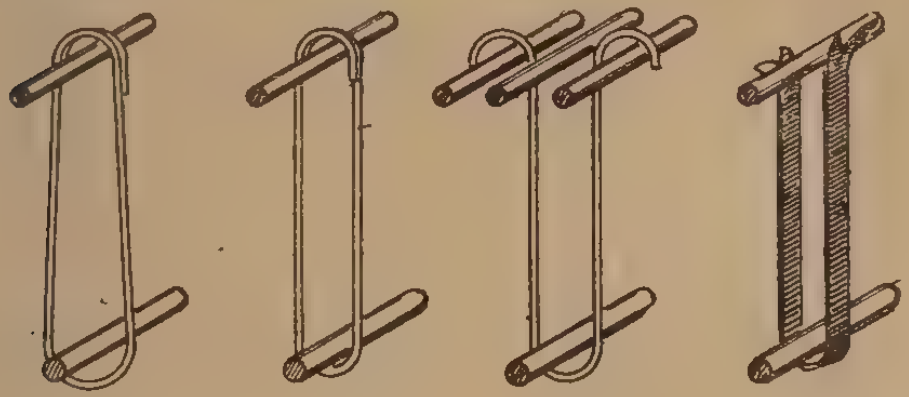


Fig. 89 Fig. 90 Fig. 91 Fig. 92

La hauteur intérieure est telle que l'étrier doit enserrer les barres de tension et de compression ;

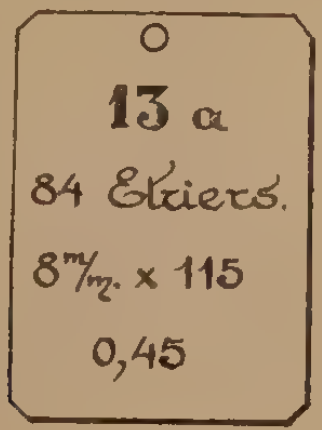



Fig. 93

elle est égale à celle de la poutre diminuée de 7 centimètres.

La longueur développée est celle du fil qui sert à faire l'étrier. En vue de la commande

des fers on l'évalue approximativement au double de la hauteur de la poutre augmentée de 15 centimètres. Au moment de l'exécution, la meilleure précaution pour éviter les erreurs consiste à faire un premier étrier avec une barre mesurée l'avance et un peu trop longue (fig. 94), mesurer les longueurs *a* et *b* en excès et couper les barres suivantes à la longueur de la première diminuée de (a+b).

Au cisaillage, on place la butée à une distance

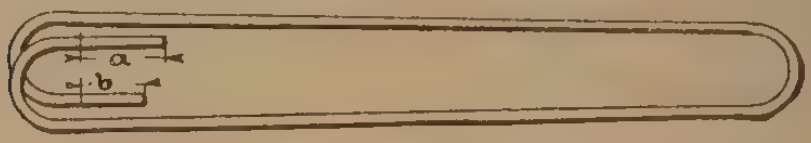



Fig. 94

du couteau égale à la longueur développée d'un étrier ; mais on peut aussi couper les barres à la longueur de 5 ou 10 étriers, en faire des bottes que l'on coupe ensuite en une fois avec un appareil plus robuste ; on gagne ainsi du temps tout en ménageant la petite cisaille.

Certains constructeurs emploient des étriers dont l'inclinaison varie de l'appui au milieu de la poutre (fig. 29), ce qui complique évidemment l'exécution.

La longueur développée des étriers est :

$$\text{Pour les étriers verticaux} \begin{cases} l = 2\,h + 24 \\ \text{ou} \\ l = 2\,H + 10 \end{cases}$$

$$\text{Pour les étriers inclinés à } 30° \begin{cases} l = 2{,}3\,h + 24 \\ \text{ou} \\ l = 2{,}3\,H + 10 \end{cases}$$

h = hauteur intérieure de l'étrier.

H = hauteur totale de la poutre.

**Façonnage des étriers.** — L'ouvrier plante sur l'établi un goujon de 15 millimètres de diamètre et une pointe distante du goujon de la moitié de la longueur de l'étrier (fig. 95) ; plaçant alors le

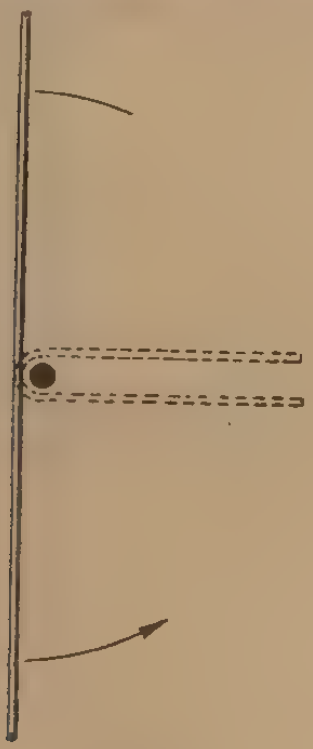


Fig. 95

Fig. 96

milieu du fer derrière le goujon il ramène les deux extrémités vers lui. La pointe sert de repère pour trouver instantanément le milieu de la barre.

Puis l'ouvrier fixe un nouveau, goujon à une distance du premier égale à la hauteur intérieure de l'étrier. Il place l'étrier comme à la figure 96 ; et force avec une griffe les deux extrémités à se rabattre de part et d'autre du goujon.

La *plieuse Briquel* (fig. 97) se compose d'un

bâti en fer cornière, de deux leviers oscillants dont on fait varier l'écartement suivant la longueur des étriers à faire. Elle permet de faire les trois coudes de l'étrier sans avoir à déplacer le fer.

**Ligatures.** — Les différentes pièces d'une armature sont réunies entre elles par des ligatures dont le seul but est d'empêcher le déplacement des fers pendant le ferraillage et le bétonnage.

Fig. 97

Leur distribution n'est réglée que par cette condition.

Les ligatures sont en fil non galvanisé de 5/10 pour les petits fers et de 8/10 pour les ronds de 15 millimètres et au-dessus. Le fil de fer recuit, très malléable, convient parfaitement pour cet usage. On le trouve dans le commerce en couronnes de 5 à 10 kilogrammes. Avec une forte cisaille on coupe la couronne entière à la fois en longueurs de 8 à 15 centimètres suivant l'usage auquel on destine les ligatures.

Les ligatures sont tordues avec une pince et non avec une tenaille qui couperait le fil. Elles sont

serrées assez fortement, sinon elles sont inutiles.

Le *lieur mécanique Nelson* (fig. 98) est un petit outil qui permet un serrage énergique et rapide des ligatures, sans fatigue pour la main ; il trouve son application sur tous les chantiers et s'emploie également pour la fermeture des sacs.

Fig. 98

**Recouvrements.** — Il peut arriver que les fers dont on dispose soient plus courts que certaines barres prévues au projet. On fait alors un recouvrement avec deux barres placées bout à bout.

L'adhérence du fer au béton est considérable et s'accroît si rapidement avec la surface de contact qu'une barre engagée dans le béton sur une longueur égale à trente fois son diamètre se

rompra plutôt que de s'arracher. Si donc on place dans le béton deux barres côte à côte se chevauchant sur cette longueur, les efforts dans l'une se transmettent à l'autre par l'intermédiaire du béton et ce recouvrement est aussi résistant à la traction que n'importe quel assemblage ou soudure. En terminant les barres par des crochets, le recouvrement est plus résistant encore. Il est nécessaire de maintenir entre les deux barres un intervalle de 2,5 centimètre pour ménager l'enrobage parfait par le béton (fig. 99).

Fig. 99

Si plusieurs barres d'une même poutre doivent être raccordées de cette façon, on évitera que les recouvrements soient tous dans une même section de la poutre.

Le procédé n'est pas recommandé pour les fers de compression. Pour ceux-ci et pour les très grosses barres on fait la liaison par **soudure autogène** ou à l'aide d'un manchon fileté.

**Mise en place des fers.** — Ce travail sera examiné plus loin en détails pour chacun des éléments de la construction.

Il peut arriver que certains fers, faussés, sortent de l'espace à bétonner ; il faut les redresser avant la

coulée mais jamais les tordre à la griffe ou à la masse après le bétonnage parce qu'on risquerait de détruire l'adhérence et de briser le béton.

D'ailleurs, les fers apparents pourront souvent être masqués par les enduits, les parquets, les murs, etc..., et on ne s'en occupera pas davantage.

## CIMENT

Il existe un grand nombre de sortes de ciments qui diffèrent tant par la qualité que par le prix et les applications.

**Ciment Portland artificiel.** — Ce ciment obtenu par la cuisson de roches calcaires et de roches argileuses soigneusement dosées, est l'unique à employer pour le ciment armé à cause de sa composition très uniforme qui lui assure des qualités régulières de résistance à l'écrasement et à l'usure.

La dénomination de Portland vient de ce qu'à l'origine ces ciments ont été fabriqués à Portland en Angleterre. Certains fabricants l'appliquent à des ciments tout autres que ceux-ci et la qualification de Portland n'est pas, en France, une garantie de qualité.

Les usines qui fabriquent le ciment artificiel fournissent plusieurs qualités et, en dehors de toute dénomination, on demandera par écrit au vendeur des garanties de résistance qui seront vérifiées par des essais.

**Ciment naturel.** — Ce ciment dit encore « Portland naturel » est obtenu par la cuisson de calcaires argileux naturels de composition convenable.

Cependant, cette composition n'est pas immuable, ni celle qui donne le meilleur produit et les qualités du ciment sont forcément irrégulières. Il contient parfois un excès de chaux libre nuisible. Il atteint parfois la résistance du ciment artificiel mais il serait hasardeux de l'y substituer dans le béton armé.

**Ciment laitier.** — Ce ciment obtenu à partir des laitiers de hauts fourneaux est de qualité assez variable. Il contient des sulfures qui s'oxydent à l'air sec en désagrégeant le béton ; il se comporte au contraire très bien en grande masse et à l'humidité où il acquiert une dureté considérable.

**Ciment de grappiers.** — Ce ciment provient de la mouture des résidus de fabrication des chaux bien cuites. Sa composition et aussi sa qualité sont très variables suivant les marques et il faut le réserver pour les ouvrages peu délicats.

**Ciment fondu.** — Ce ciment fortement alumineux jouit de propriétés très intéressantes :

La prise est lente, laissant tout le temps nécessaire à la mise en œuvre. Le durcissement demande beaucoup d'eau, dégage beaucoup de chaleur et est si rapide qu'on peut décoffrer les dalles vingt-quatre heures après la coulée.

Il est en outre indécomposable par les eaux magnésiennes et séléniteuses. Il s'accommode mal du mélange aux ciments d'autre nature, mais l'adhérence des enduits en ciment ordinaire est parfaite ; malheureusement son prix encore très élevé en restreint les cas d'application.

**Ciment prompt.** — Ce ciment fait prise aussi

rapidement que le plâtre et n'est intéressant que dans le cas où cette particularité est nécessaire. Certains ciments de résistance médiocre ne conviennent que pour les scellements et pour le moulage d'objets peu résistants, tandis que d'autres acquièrent une bonne résistance et sont utilisés seuls ou mélangés à des ciments artificiels pour des travaux plus importants; toutefois, leur emploi nécessite un tour de main spécial à cause du peu de temps dont on dispose entre le gâchage et la mise en œuvre.

**Propriétés du ciment.** — Le ciment se présente sous forme de poudre impalpable de couleur et de densité variables.

La densité réelle est celle de la pierre compacte où il n'y aurait aucun vide. La densité apparente, obtenue en pesant un litre de ciment pulvérisé et non tassé, varie évidemment avec la densité vraie, mais aussi avec la finesse de mouture.

| QUALITÉ | COULEUR | Densité réelle | Densité apparente |
|---|---|---|---|
| Ciment fondu. | Noir. | 3,10 à 3,20 | 1,0 |
| Ciment artificiel. | Gris-bleu. | 3,05 à 3,20 | 1 à 1,2 |
| Ciment naturel. | Gris-brun. | 2,75 à 3,10 | 0,8 |
| Ciment prompt. | Gris jaunâtre. | 2,80 à 3,00 | 0,8 |
| Ciment de laitier. | Gris-violacé. | 2,80 à 2,90 | |

La forte densité réelle du ciment est un indice de bonne qualité. Celle-ci pourrait donc se reconnaître au volume des sacs qui contiennent uniformément 50 kilogrammes. Cependant, cette évalua-

tion n'est qu'approximative puisque la finesse de mouture produit l'effet inverse.

*Prise.* — La prise des ciments demande :

| | |
|---|---|
| Ciment prompt..... | 5 à 10 minutes |
| Ciment fondu..... | 2 à 5 heures |
| Ciment artificiel..... | 3 à 12 — |
| Ciment de laitier..... | 15 à 20 — |

Ces délais de prise sont ceux obtenus dans les conditions ordinaires de température et d'humidité, sans addition de produits étrangers.

Le froid ralentit la prise et la gelée l'arrête complètement. Au dégel la prise reprend ; mais on verra plus loin les inconvénients qui en résultent.

L'insuffisance d'eau de gâchage ou son évaporation par la chaleur donnent une mauvaise prise qu'un arrosage trop tardif ne répare pas.

On cherche parfois à hâter artificiellement le durcissement du ciment sans diminuer sa résistance finale ; c'est le cas lorsque les travaux ont à supporter des efforts peu de temps après la coulée (travaux à la mer, dallages en réparation, etc., etc.).

Pour un ciment donné, la rapidité de la prise croît avec la finesse de mouture et la résistance qui croît dans le même sens compense largement le léger supplément de prix des ciments ainsi préparés.

On hâte encore la prise par gâchage et arrosage à l'eau chaude, mais cette méthode est surtout usitée pour les essais rapides de laboratoire ; par addition à l'eau de gâchage de pro-

duits chimiques tels que le chlorure de calcium, mais ce n'est pas un produit très courant dans le commerce et cette méthode n'est recommandable que pour des travaux peu importants (scellements, raccords).

Le meilleur procédé actuel pour l'accélération du durcissement consiste en l'emploi exclusif du ciment fondu.

On ralentit la prise par addition de gypse ou de sel marin, et cette pratique est utile lorsque le lieu d'emploi du béton est éloigné de l'endroit où on le prépare (mines, tunels).

**Livraison du ciment.** — Le ciment est livré en sacs de 50 kilogrammes ou en barils de 200 kilogrammes. Le ciment en sac est moins coûteux et la manutention est facile ; en revanche, il craint l'humidité et s'altère à la longue ; les sacs se déchirent et le ciment qui se répand à terre est perdu. Le ciment en barils n'a d'intérêt que pour les expéditions lointaines ou le séjour dans des lieux humides.

**Sacherie.** — Les fabricants livrent le ciment soit dans des sacs leur appartenant, soit dans ceux de l'acheteur. Pour de grosses livraisons, l'acheteur a intérêt à utiliser ses propres sacs, ce qui lui procure un bénéfice d'environ deux francs par tonne de ciment et lui évite toute contestation avec le propriétaire des sacs.

L'acheteur peut se servir de sacs sans marque ou qui portent la sienne propre. Il peut se servir de sacs portant la marque du fournisseur et qui seraient devenus sa propriété ; mais il lui est

interdit d'employer des sacs portant la marque d'un autre fabricant de ciment.

Lorsque les fabricants prêtent leurs sacs, ils interdisent de s'en servir pour quelque usage que ce soit; ils perçoivent comme garantie pour chaque sac une somme variant de 1,50 à 2,50 francs, facturée avec la marchandise et remboursée après retour des sacs en bon état à l'usine dans un certain délai.

Les sacs manquants ou déchirés ne sont pas repris et le retour tardif donne lieu à une location supplémentaire.

Certains fabricants ne remboursent pas intégralement le prix des sacs ; cette retenue qui peut aller jusqu'à 0,50 par sac, soit 10 francs par tonne de ciment, n'est pas négligeable et on doit en tenir compte aussi bien pour l'établissement des prix de revient que pour le choix du fournisseur.

Les Compagnies de Chemin de fer accordent le transport en retour à prix réduit ou même gratuit des sacs qu'elles ont transportés pleins.

**Réception des ciments.** — La qualité du ciment est une condition fondamentale de la bonne réussite des travaux. A défaut de pouvoir faire soi-même les essais de réception, on ne s'adressera qu'à un fournisseur connu pour la qualité de ses produits et pour sa probité commerciale ; on lui demandera les mêmes garanties de qualité qui sont imposées au cahier des charges de l'entreprise.

**Examen extérieur.** — Cet examen porte sur l'état de conservation du ciment.

Le ciment en bon état est pulvérulent ; des traces d'humidité font former quelques grumeaux très friables qui ne résistent pas à une légère pression du doigt. La qualité n'est pas altérée.

Si le ciment séjourne quelque temps à l'humidité, il se forme sous le sac une croûte qui motive le refus de tout le lot. Du ciment que l'on possèderait dans cet état ne doit être employé ni pour le ciment armé, ni pour les enduits. On le réserve pour les massifs de fondation, la maçonnerie et les agglomérés.

A un degré d'humidité plus avancé, il est difficile d'extraire le ciment sans déchirer le sac et cela constitue une double perte.

Il y a lieu de refuser les sacs trop minces, déchirés, pourris, ouverts ou ne portant pas de plombs de garantie.

**Essai de finesse de mouture.** — Cet essai se fait avec trois tamis en fil de laiton ayant 324, 900 et 4.900 mailles au centimètre carré. Le tamisage est fait sur un échantillon de 100 grammes pesé après séchage à 100°. On commence l'opération par le tamis de 324 mailles qu'on agite jusqu'à ce que la poussière qui traverse soit inappréciable. Le résultat obtenu est comparé au tableau suivant :

| Pourcentage refusé | Excellent | Bon | Passable | Médiocre |
|---|---|---|---|---|
| Au tamis de 324 mailles. | 0,5 | 0,5 | 1 | 2 |
| Au tamis de 900 — ... | 1 | 3 | 5 | 10 |
| Au tamis de 4.900 - ... | 5 | 15 | 25 | 40 |

**Densité réelle.** — Cette densité est mesurée avec l'appareil de M. Le Chatelier, basé sur le principe suivant :

Un vase gradué est partiellement rempli d'un volume V de benzine, liquide qui est sans action sur le ciment. On ajoute ensuite progressivement un poids connu P de ciment bien sec qui tombe au fond du vase. Le niveau du liquide monte et on constate un volume final V'. Le volume réel du ciment est (V'-V) et sa densité est :

$$d = \frac{P}{V' - V}$$

**Densité apparente.** — On verse le ciment petit à petit sur un tamis (fig. 100) et on l'oblige à passer en l'agitant avec une spatule en bois ; on égalise la surface de la mesure et on pèse.

**Examen des mélanges.** — Quand on soupçonne le mélange de ciments de différentes qualités, on examine à la loupe les grains qui restent sur le tamis de 900 mailles, puis de 4.900 mailles. Les grains de laitier apparaissent très brillants, les grains de charbon très noirs, les grains de silex blancs.

Par mise en suspension dans un liquide de densité 3 (mélange de benzine et d'iodure de méthylène), on sépare le ciment artificiel qui tombe au fond des autres ciments moins denses qui surnagent.

Les résultats de ces deux essais assez peu précis demandent confirmation avant de conclure à une fraude.

Temps de prise. — Cet essai est fait avec l'*aiguille de Vicat* (fig. 101) qui se compose d'une

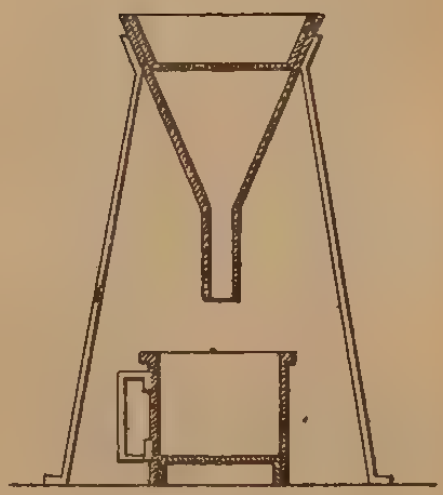


Fig. 100

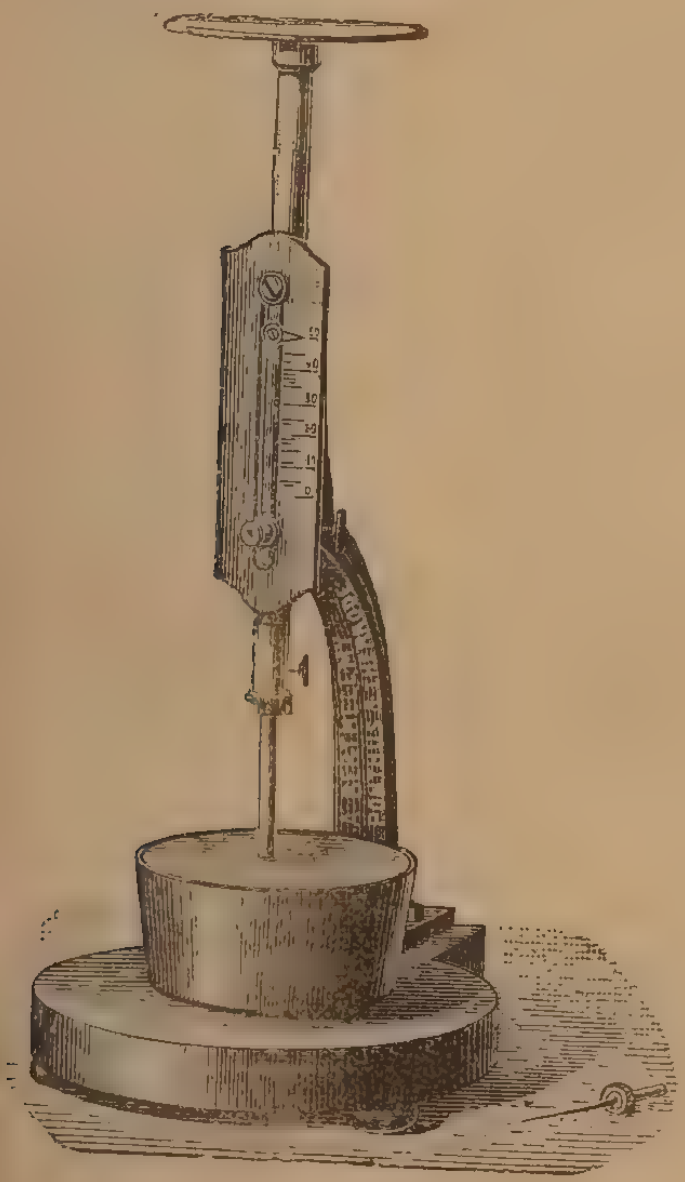


Fig. 101

tige pouvant coulisser verticalement et portant à l'extrémité supérieure un plateau et à l'extrémité inférieure un poinçon cylindrique de 1 milli-

mètre carré de section. Le poids total du système mobile est de 300 grammes. Un index fixé à la tige permet de suivre sur une graduation tous les déplacements de l'aiguille.

Un godet en caoutchouc de 8 centimètres de diamètre intérieur et 4 centimètres de hauteur est rempli de la pâte de ciment à essayer et placé sous l'aiguille.

On dit que la prise commence lorsque l'aiguille Vicat ne traverse plus complètement l'échantillon sous son propre poids et que la prise est terminée quand l'aiguille ne pénètre plus de façon appréciable dans la pâte.

Le résultat de ces épreuves dépend de la température et du degré de plasticité de la pâte.

On fixe la température à 15° en plaçant le pied du godet dans l'eau et on maintient l'atmosphère humide pendant toute la durée de la prise.

Les essais sont faits sur la pâte dite « de consistance ferme » qu'on réalise ainsi : On gâche 1 kilogramme de ciment avec la quantité d'eau suffisante pour que la pâte pétrie à la main se mette en boule sans cependant coller aux doigts. On vérifie que la consistance est convenable en plaçant un échantillon de la pâte dans le godet, en remplaçant l'aiguille par une tige de 1 cm. 2 de section et en portant le poids du système à 350 gr. : la tige ne doit pas atteindre tout à fait le fond du godet.

**Essais de déformation.** — Ces essais donnent des renseignements très utiles et ont le grand mérite de la simplicité.

La pâte est préparée comme dans le cas précédent en appréciant la consistance au toucher ; elle est façonnée en galettes de 10 centimètres de diamètre qu'on applique sur de petites plaques de verres en leur donnant une forme convexe et une épaisseur de 15 millimètres au centre.

Pendant la durée de la prise, ces galettes sont conservées dans une atmosphère humide et après vingt-quatre heures on les place les unes dans l'eau à 15°, d'autres à l'air libre, d'autres enfin dans la vapeur d'eau bouillante.

Le premier lot se trouve dans les conditions les plus favorables à la bonne marche de l'opération et le second dans des conditions défectueuses. Les galettes sont observées pendant un mois, mais, comme on désire en général être fixé plus rapidement, c'est le troisième lot qui, maintenu dans la vapeur pendant six heures, donnera les premiers renseignements. Cette épreuve est la plus dure ; si le ciment s'y comporte bien, il est certainement de bonne qualité ; s'il apparaît quelques défauts, on ne pourra conclure qu'après l'examen des autres galettes après un mois.

Les résultats qu'on peut observer sont ceux du tableau ci-après :

Galette intacte : Bonne qualité.
Quelques gerçures : d°, séchage trop rapide.

Galette craquelée à la périphérie :
1°) A l'humidité : mauvaise qualité.
2°) A l'air sec : pas de conclusion.

Galette tachée, cloquée :
Hétérogénéité, falsification ; mauvaise qualité.

Galette crevassée radialement :
Attaquabilité ; mauvaise qualité.

Galette faïencée :
Désintégration rapide ; très mauvaise qualité.

Plaque de verre brisée :
Pas de conclusion.

Galette décollée du verre :
Pas de conclusion.

Gauchissement concave.
Contraction ; qualité variable avec la courbure.

Gauchissement convexe.
Expansion ; qualité variable avec la courbure.

Fig. 102 à 110

**Transport et conservation du ciment.** — Le ciment est transporté à l'abri de la pluie et de la neige. Les sacs qui auraient été légèrement mouillés sont mis à part, vidés aussitôt de façon à conserver au moins le sac, et si possible, le ciment est employé immédiatement.

Le ciment est emmagasiné dans un lieu parfaitement sec et bien clos. On s'assure que l'eau ne pénétrera pas par la toiture, par les ouvertures, par les murs ni par le sol ; on calfeutre toutes les fissures et on veille à ce que la porte soit toujours close.

On interdit de placer dans ce même magasin de la chaux grasse, du plâtre, du bois, ainsi que du matériel qui craindrait la poussière.

Le ciment est entassé sur un lit de madriers isolés du sol et à distance de 0,50 mètre des murs. Les ciments de qualités ou d'âges différents sont en tas séparés de façon qu'on puisse prendre à volonté la qualité qu'on désire. Les sacs sont placés régulièrement pour rendre le comptage possible en tout temps.

Il arrive que, pendant la manutention, des sacs s'ouvrent ou se déchirent et le ciment qui s'en échappe est recueilli aussitôt et placé dans d'autres sacs.

Sur un chantier isolé on emmagasine le ciment sous un abri en bois ou en tôle. Pour des travaux peu importants on établit seulement un plancher surélevé et on recouvre les sacs d'une bâche de bonne qualité qui ne doit pas les toucher, mais reposer seulement sur des madriers. Il ne faut

conserver ainsi sur le chantier que la consommation de quelques jours et prendre les sacs alternativement d'un côté et de l'autre du tas afin que le même ciment ne reste pas trop longtemps au contact de l'air.

On réserve une place pour les sacs vides et il ne faut jamais que ceux-ci restent dispersés sur le chantier où ils risquent d'être perdus, volés ou employés à des usages pour lesquels ils ne sont pas faits. Un manœuvre est chargé de ramasser chaque soir tous les sacs vidés dans la journée ; il les bat énergiquement, les classe par marque et les range au magasin dans un coin abrité de la poussière.

Il est bon de n'entasser les sacs vides que parfaitement secs sinon la toile pourrirait et ils seraient refusés au retour par les fournisseurs.

En les comptant, on connaît chaque jour le tonnage de ciment employé et on vérifie ainsi les dosages employés et le tonnage restant en magasin.

Les sacs vides sont liés par paquets de cinquante et réexpédiés à l'usine par lots de cinq cents. Les compagnies de Chemin de fer, ainsi que la douane, exigent que les sacs soient convenablement battus.

La comptabilité des sacs a une grosse importance puisque leur prix atteint le tiers de celui du ciment.

## SABLE ET GRAVILLON

**Sable et gravillon.** — Le sable est un matériau encombrant mais de prix relativement bas ; son transport constitue une grosse sujétion parce que son prix peut être bien supérieur au prix d'achat. On trouve des sables presque partout, mais qui ne sont pas indifféremment propres à tous les travaux, aussi y a-t-il lieu de se livrer à une véritable enquête avant de choisir son fournisseur : les deux questions primordiales étant la qualité et le prix de revient sur le chantier.

**Le sable de rivière.** est celui qu'il faut employer de préférence parce qu'il est très propre. Dragué mécaniquement son prix de revient est faible et son transport par eau souvent possible est très économique.

Le sable de mer, peut être employé s'il satisfait aux conditions granulométriques qu'on verra plus loin. Il contient des sels de soude et de magnésie qui ont l'inconvénient d'accélérer la prise et de rendre les produits hygrométriques.

**Le sable de carrière.** est rarement de bonne qualité. Dans les pays où le sable est rare, on donne ce nom à des produits parfois si impurs qu'il faut les proscrire complètement pour tout genre de construction. Si on se résout à employer ce sable il faut faire des essais sévères à chaque livraison et surveiller l'extraction. Il se trouve toujours sous une couche de terre que des exploitants peu scrupuleux ne se donnent pas la peine

de découvrir ; ainsi souillé il est impropre à tous les usages.

La pierre cassée est employée dans les pays où le sable fait défaut. Les pierres tendres, gélives ou de résistance insuffisance sont délaissées. A proximité des carrières de pierre on peut se procurer à bon compte des déchets de concassage qui fournissent des bétons et des mortiers d'excellente qualité.

On a longtemps cru que les grains anguleux donnaient des bétons plus résistants que les grains arrondis du sable de rivière. Des expériences récentes ont prouvé que ces matériaux étaient équivalents.

Le sable est vendu au mètre cube ou à la tonne. Suivant son degré d'humidité, sa nature et sa finesse, le mètre cube est compté pour 1.600 à 1.800 kilogrammes.

Les produits sont dénommés suivant la grosseur des grains :

| | | |
|---|---|---|
| Cailloux | | 6 cm. et au-dessus |
| Gravillon | Gros (ou galet) | 2,5 à 6 |
| | Moyen (ou lentille) | 1,5 à 2,5 |
| | Fin (ou mignonnette) | 0,5 à 1,5 |
| Sable | Gros | 0,2 à 0,5 |
| | Moyen | 0,05 à 0,2 |
| | Fin | au-dessous de 0,05 |

Le tout-venant est le mélange de ces produits, tel qu'il est extrait de la carrière.

La composition granulométrique des sables et des gravillons a une importance considérable pour la bonne qualité du béton. L'examen en est fait avec des tamis à mailles convenables : Pour les

sables, on emploie les tamis de 4, 36 et 324 mailles au centimètre carré et les proportions des divers produits séparés sont exprimées en volume.

Les produits dragués en rivière sont les plus purs parce qu'ils ont été débarrassés par l'eau courante de la terre et des matières organiques. Ces impuretés se reconnaissent à l'aspect terne du sable qui laisse une trace jaune sur les doigts et ne produit pas ce crissement caractéristique des sables propres lorsqu'on en serre une poignée. On se rend compte de la proportion des matières terreuses en plaçant un échantillon de sable dans un verre d'eau et en l'agitant ; les grains de sable plus denses tombent rapidement au fond tandis que les impuretés restent en suspension et troublant l'eau. A la vérité, presque tous les sables troublent l'eau dans des conditions ; mais, par comparaison, on saura distinguer les sables suffisamment propres de ceux qu'on doit refuser.

Les sables siliceux et quartzeux sont les meilleurs et les seuls inattaquables au feu et aux acides.

Les grains calcaires du sable se reconnaissent à leur couleur blanche et à leur attaquabilité aux acides. Ce sable est acceptable si ces grains sont petits et durs, sauf pour les travaux soumis à une forte usure.

On doit refuser le sable qui renferme des grains de charbon (noir brillant), de schiste (noir mat ou violet) et de mica (blanc brillant).

**Approvisionnement en sable.** — Il est prudent d'être très large dans la prévision du cube né-

cessaire en sable, et si l'on dispose de place suffisante de s'approvisionner entièrement à l'avance pour être certain de n'en pas manquer pendant toute la durée des travaux.

Le sable est déposé sur un sol horizontal, propre et ferme, parce que sur un sol instable, il s'enfonce progressivement sous l'effort de son poids et des pluies ; la pente favorise l'entraîne-

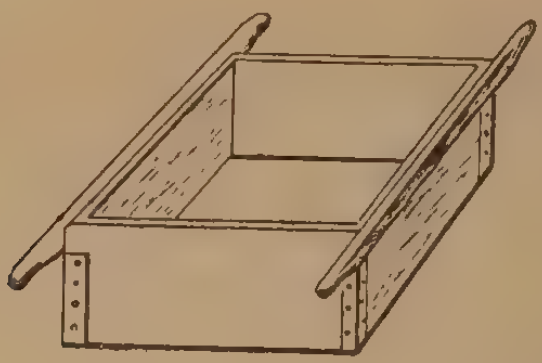


Fig. 111

ment par l'eau du sable fin et les cuvettes qui retiennent l'eau conservent le sable humide.

Si possible, on étale le sable sur une épaisseur de 0,60 à 0,80 centimètres pour faciliter la manutention et le séchage. On encadre le tas avec des planches pour l'empêcher de se répandre ; on l'éloigne du passage des voitures, des tas de charbon, de sciure de bois, etc... et des endroits poussiéreux.

**Manutention et mesurage du sable.** — Sur le chantier, le sable est transporté à la pelle (4 à 6 litres), à la brouette (50 à 70 litres), ou au wagonnet (300 à 400 litres).

Pour mesurer le sable avec précision on se sert d'une caisse sans fond (fig. 111, qu'on place sur un plancher bien nivelé et qu'on arase qu'à la partie supérieure avec une règle.

Le mesurage par brouettes est exact à condition d'employer des brouettes à caisse de forme régulière dites brouettes de dosages.

Pour jauger une brouette, un wagonnet ou un

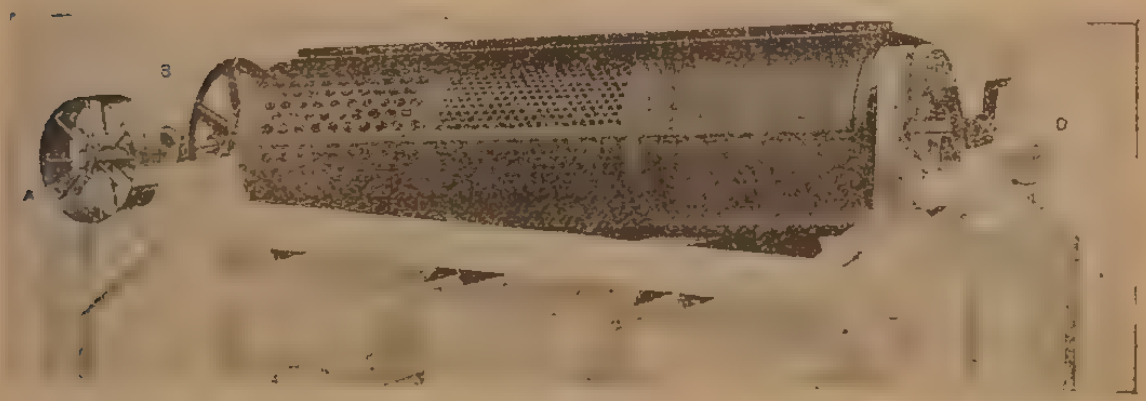


Fig. 112

tombereau, on compare leur contenance à celle de la caisse de mesure.

**Tamisage du sable.** — Le tamisage à la main permet de séparer les grains au-dessous et au-dessus d'une certaine dimension. Si on veut obtenir un classement plus complet, il faut faire plusieurs opérations successives ; tandis que par tamisage mécanique, on peut classer en une fois les grains de plusieurs grosseurs différentes.

Le *tamisage mécanique* est fait par un tambour ou *trommel* (fig. 112), sorte de gros cylindre en tôle d'axe légèrement incliné et divisé en plu-

sieurs sections qui portent des trous de diamètres croissants.

Les matériaux sont introduits par la face supérieure du cylindre et quand celui-ci tourne les grains descendent et traversent la tôle dès qu'ils rencontrent les trous de diamètre suffisant.

Dans les installations à demeure, on prévoit

Fig. 113

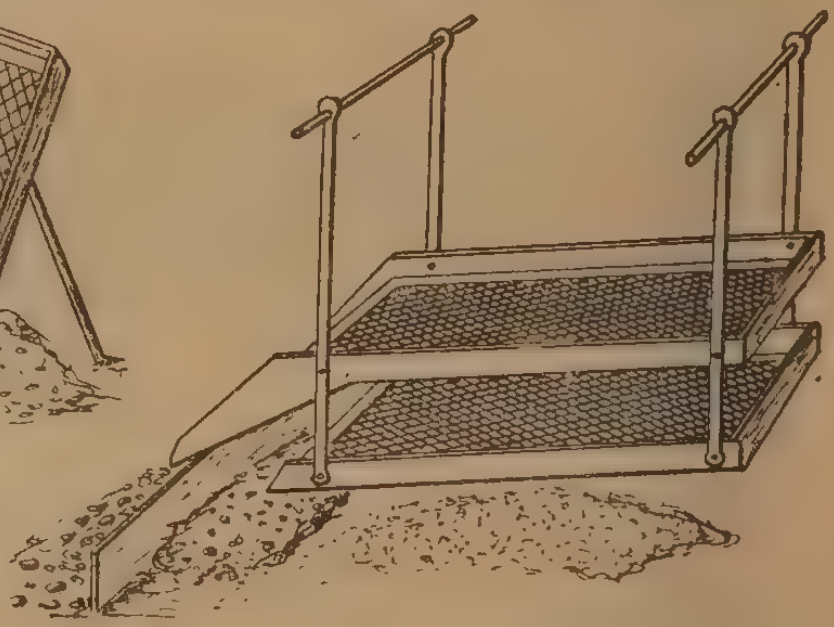


Fig. 114

un dispositif de transport et de chargement mécanique du sable, ce qui procure une grosse économie de main-d'œuvre.

Le *tamisage à la main* est fait avec la *claie*. C'est un treillage métallique robuste ou une feuille de métal déployé, tendu sur un cadre en bois ou en fer (fig. 113). Il existe aussi des claies faites seulement de barreaux cylindriques parallèles afin de faciliter le nettoyage.

Un homme suffit à la manœuvre : il donne à la claie l'inclinaison qu'il reconnaît la meilleure à l'usage : trop droite, elle laisse descendre le sable trop rapidement pour que la séparation puisse se faire, trop inclinée elle retient le sable. Si le sable est humide, il obstrue les mailles, tandis qu'une grande partie des grains fins adhérant aux gros grains refuse de passer ; s'il se trouve qu'une partie seulement du sable est humide, on tamise alternativement une pelletée de sable sec et une de sable humide.

On emploie sur les chantiers des claies à mailles de 50, 30, 10 et 5 millimètres.

Le *tamis de mouleur* sert à séparer le sable fin destiné aux enduits lissés. La manœuvre de cet instrument est pénible et d'un faible rendement ; quand le sable est humide on le tamise en agitant le tambour plongé dans l'eau.

Les cimentiers emploient un procédé très efficace pour le tamisage à sec au tambour mais qui n'est pas sans inconvénients. Ils mélangent auparavant une petite quantité de ciment qui sèche le sable instantanément ; il faut alors employer sans retard le sable tamisé qui ferait prise grâce au ciment qu'il contient. Le résidu entraîne également du ciment et, sous peine de le perdre, il faut prévoir son utilisation immédiate.

Il est facile de construire soi-même des appareils à main d'un meilleur rendement que les précédents, sur le principe du trommel ou du crible.

Le *crible oscillant* (fig. 114) suspendu ou monté

sur bâti, facile à installer sur le chantier, demande deux hommes pour sa manœuvre mais fournit un gros débit.

## MORTIERS ET BÉTONS

**Dosages.** — Les éléments fondamentaux qui entrent dans la composition du béton sont : le ciment, le gravillon, le sable et l'eau. Suivant le but que l'on recherche (résistance, légèreté, économie, etc...), on modifie la proportion et la qualité de ces éléments ou encore on incorpore au béton d'autres matériaux tels que des cailloux, des scories ou divers produits chimiques.

Dans le cas du béton armé où on recherche avant tout la résistance, les facteurs qui influent sur cette résistance sont nombreux :

1° La qualité du ciment et du sable.

On emploie uniquement du ciment Portland artificiel garanti pour cet usage et du sable de qualité irréprochable ;

2° Le dosage du ciment, qui est en général de 300 à 400 kilogrammes, mais peut atteindre dans certains cas 500 et 600 kilogrammes de ciment par mètre cube de béton mis en place ;

3° Le dosage du sable et du gravillon, au point de vue de la grosseur des grains a une énorme influence sur la résistance du béton et on n'y accorde malheureusement pas assez d'attention.

Les ouvriers connaissent parfaitement les inconvénients qu'il y a à employer des matériaux trop gros difficiles à introduire entre les armatures ; mais ils se préoccupent en général assez peu

de rechercher les proportions des grains de différentes grosseurs qui donnent le meilleur béton.

Il surgit certes quelques complications si on veut traiter les choses rationnellement ; mais les résultats obtenus sont tellement supérieurs qu'ils compensent largement les essais et les manœuvres supplémentaires.

Le problème pour le constructeur se présente sous deux aspects.

Ou bien le dosage en ciment lui est imposé par l'auteur du projet et alors un mélange judicieux des sables permet d'obtenir une qualité supérieure du béton d'où il résultera une sécurité plus grande.

Ou encore l'auteur du projet connaissant la qualité des matériaux et leur traitement convenable peut réduire le dosage en proportion.

L'habitude est acquise de désigner un béton par son dosage en ciment, mais il serait bien plus logique, puisque c'est la résistance seule qui intéresse, de définir le béton par son taux de résistance, laissant toute latitude au constructeur pour réaliser ce béton comme il lui plairait et l'incitant à chercher les meilleurs produits et les meilleurs moyens de mise en œuvre en vue d'économiser le ciment.

On se rendra compte de l'importance de ce point en notant que la résistance d'un béton peut varier du simple au double pour un même dosage en ciment et une même qualité de sable, suivant la composition granulométrique de ce dernier, le mode de malaxage et de mise en œuvre.

Les grandes entreprises dont les services d'études et de contrôle des travaux restent en liaison constante réalisent de grosses économies en s'inspirant de ces remarques. Pour des chantiers de moyenne importance, l'avantage est encore appréciable.

Une expérience démontrera la véracité de ces faits :

1° Remplissons une mesure avec du gravillon seul (fig. 115) qui laisse entre les grains une

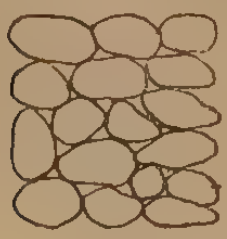


Fig. 115

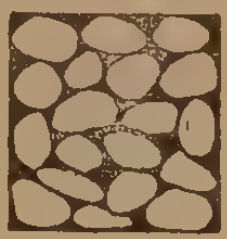


Fig. 116

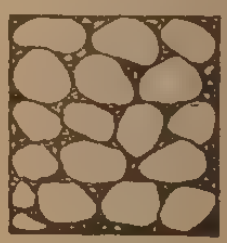


Fig. 117

proportion de vide égale à 40 0/0 environ du volume total. Faisons un béton en ajoutant à ce gravillon 200 kilogrammes de ciment par mètre cube, c'est-à-dire juste assez pour que chaque grain soit recouvert d'une mince pellicule. Les grains ne seront collés que par les petites surfaces qu'ils ont en contact les uns avec les autres et tout le ciment qui tapisse les cavités en dehors de ces petites surfaces est inutile puisque les vides subsistent. Ce béton est très peu résistant parce que les efforts se transmettent au travers de la masse simplement par les petits points en contact dont la surface est bien faible par rapport à la section totale du bloc.

Cet inconvénient disparaîtrait si on ajoutait du

ciment de façon à remplir complètement tous les vides ; mais le prix d'un tel béton serait inadmissible (fig. 116) ;

2° Par un procédé analogue à la mesure de la densité réelle du ciment mesurons le volume total des vides des gravillons ; ajoutons-lui alors du sable de grosseur convenable pour remplir ces vides et d'autre plus fin encore pour remplir les interstices laissés par ce dernier ; il est évident qu'on obtiendra un béton plein avec beaucoup moins de ciment que dans le cas précédent (fig. 117). Il n'est pas besoin que toutes les grosseurs de grains soient représentées et il est inutile d'ajouter au gravillon plus de sable que nécessaire pour remplir ses vides ;

3° On pourrait penser obtenir un produit aussi compact en employant uniquement du sable fin ; mais pour que chaque grain soit bien enrobé, il faudrait trop de ciment. La surface extérieure d'un gravillon est en effet beaucoup plus faible que celle de grains de sable qui occuperaient le même volume et ceci conduirait, pour avoir une même adhérence des grains, à employer beaucoup plus de ciment. Cela démontre encore que le sable pulvérulent est impropre à tout usage. C'est le cas fréquent des sables de mer et de dunes.

En résumé, c'est le produit le plus plein, donc aussi le plus lourd qui donne la plus grande résistance et l'économie consiste à rechercher cette compacité par une bonne composition de sable (fig. 117) plutôt que par un dosage excessif en ciment (fig. 116).

Quand le peu d'importance des travaux ne justifie pas ces essais on adopte les proportions suivantes pour obtenir un mètre cube de béton.

800 litres de gravillon.
400 litres de sable composé de : { 2/3 gros / 1/3 fin

Il est impossible de donner une proportion fixe quand on emploie la pierre cassée parce que le volume des vides est très variable (30 à 60 0/0) suivant la nature de la pierre et la limite de la grosseur des éléments. Il est alors indispensable de mesurer les vides et on ajoute une quantité de mortier légèrement supérieure au cube trouvé.

Si le mélange tout venant de cailloux, gravillons et sable est homogène, on peut l'employer directement sans inconvénient ; mais il y a lieu de faire un essai préalable pour reconnaître si la proportion naturelle du sable est convenable. On la modifie s'il y a lieu.

On mesure alors 1.050 litres de tout-venant (et non 1200 litres) pour obtenir un mètre cube de béton en place.

Il est à remarquer que le sable humide foisonne et que l'augmentation de volume, pouvant aller jusqu'à 6 0/0, suffit à fausser les indications du dosage en volume.

Cet inconvénient disparaît pour les produits de grosseur supérieure à 1 centimètre.

**Eau de gâchage.** — L'eau à employer doit être pure et limpide. Les eaux sulfatées et les eaux saumâtres sont à rejeter, tandis que l'eau de mer,

dont le seul effet est de ralentir légèrement la prise, est acceptable dans la plupart des cas.

L'eau chaude active la prise et rend de grands services en hiver. En été l'eau froide est préférable.

La désignation habituelle de la consistance est la suivante :

Le *béton sec* ou *serré* paraît à peine humide avant le pilonnage et se tasse verticalement sous le choc.

Le *béton moyen* est encore de consistance assez ferme pour supporter le poids d'un homme avant pilonnage. Il s'étale, vibre sous le choc du pilon et ressue l'eau après un damage énergique.

Le *béton clair* ou *mou* s'écoule sous son propre poids et ne peut être manié à la pelle. Il n'offre pas de résistance à l'enfoncement du pilon.

**Malaxage du béton à bras.** — Le béton est préparé sur une aire de 9 mètres carrés au minimum, formée de planches jointives, cloutées sur des semelles transversales, ou encore sur un dallage, un pavage ou un macadam propre, mais jamais sur la terre qui se mélangerait au béton, ni sur le sable qui absorberait l'eau et modifierait le dosage. Il se formerait bien à la longue une croûte dure qui serait une aire parfaite, mais jusqu'à ce stade, les produits obtenus seraient très mauvais.

La vitesse de fabrication du béton doit être réglée sur la demande de façon que la mise en œuvre suive de très près le malaxage.

Quand on désire une production continue en même temps qu'un meilleur rendement de la main-

d'œuvre, on double la surface de la plate-forme de façon qu'il y ait en permanence deux tas de béton : l'un auquel on puise (S fig. 118) et l'autre en cours de fabrication (T).

L'équipe comporte cinq hommes. Deux manœuvres roulent le sable à la brouette, le mesurent, l'étendent sur l'aire et approchent les sacs de ciment. Trois autres gâchent le béton et l'un d'eux, chef d'équipe, est choisi parmi les plus consciencieux parce que le dosage et le malaxage sont d'une importance capitale pour la bonne qualité du produit.

On ne gâche à la fois que la quantité de béton correspondant à deux sacs de ciment, ce qui donne pour le mélange les proportions suivantes de matériaux :

| | |
|---|---|
| Béton à 400 kgs | 2 sacs de ciment.<br>100 litres de sable<br>200 litres de gravier. |
| Béton à 350 kgs | 2 sacs de ciment.<br>115 litres de sable.<br>230 litres de gravier. |
| Béton à 300 kgs | 2 sacs de ciment.<br>135 litres de sable.<br>265 litres de gravier. |

L'ordre du mélange n'est pas quelconque sinon le produit obtenu ne serait pas homogène. On peut gâcher d'abord le mortier, puis l'incorporer au gravillon, mais l'opération est fatigante, et il est préférable de mélanger sable et ciment à sec, puis d'ajouter le gravillon et enfin l'eau.

Le mélange sable et ciment ne doit pas être préparé à l'avance parce que le sable retient tou-

jours suffisamment d'eau pour que le ciment commence sa prise.

L'opération est conduite comme suit :

Les deux rouleurs amènent à la brouette le sable nécessaire à une gâchée. Ils le mesurent soit à la brouette soit à la caisse à dosages (fig. 111), puis l'étendent sur une épaisseur de 15 centimètres ; ils délient deux sacs de ciment dont ils répandent le contenu d'une façon égale sur le tas de sable. Enfin, ils apportent le gravillon dont ils remplissent une deuxième caisse exactement jaugée.

Deux malaxeurs retournent à l'aide de pelles spéciales (fig. 123) le mélange sec de sable et de ciment tandis que le troisième manœuvre approche les seaux remplis d'eau. Le mélange à sec est poursuivi jusqu'à ce que la teinte soit uniforme, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on ne distingue plus ni taches jaunes de sable, ni taches grises de ciment pur. Le troisième manœuvre retire les corps étrangers qu'il aperçoit dans le béton et il écrase à la pelle les grumeaux friables de ciment.

On incorpore ensuite le gravillon, soit qu'on le répande sur le mélange déjà fait, soit qu'on procède de façon inverse. C'est à ce moment seulement qu'on projette l'eau au moyen de seaux ou d'arrosoir. Il n'est pas recommandable de se servir d'un tuyau d'arrosage, plus commode sans doute, mais qui ne permet pas un dosage convenable de l'eau.

Le dernier mélange doit être fait de façon parfaite :

Deux malaxeurs A et B (fig. 118) prennent le béton à la pelle au tas initial T, et le déposent en le retournant pour former un nouveau tas R, tandis que le chef d'équipe C étale le béton en tous sens à l'aide d'une griffe qu'alternativement il tire à lui et repousse.

Quand le tas entier a été retourné, les ouvriers se placent de l'autre côté et recommencent l'opé-

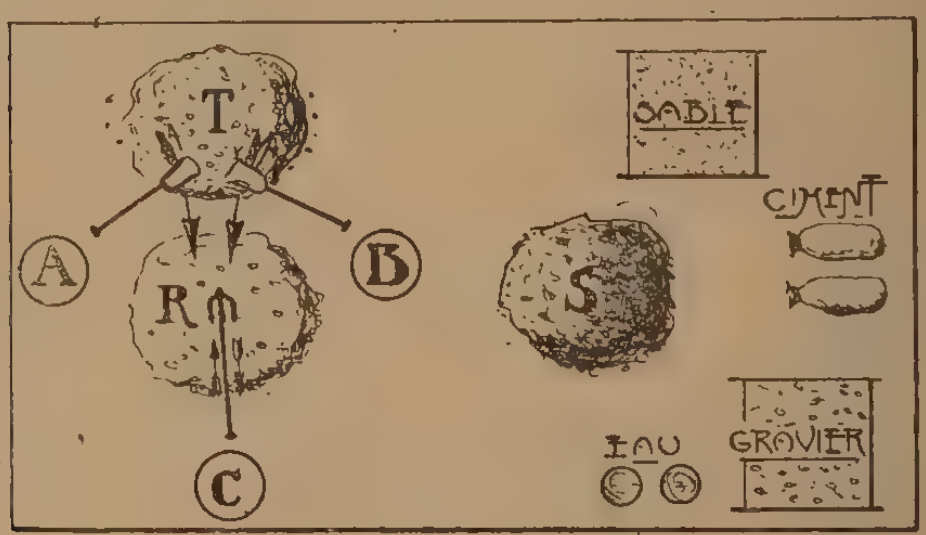



Fig. 118

ration. Après un troisième malaxage, le béton est prêt à être mis en œuvre.

La manœuvre est très fatigante, surtout si elle est continue, aussi y a-t-il lieu d'en surveiller la conduite parce qu'il est impossible ensuite de s'assurer du parfait mélange des matières mouillées. On fera alterner les ouvriers rouleurs et malaxeurs de l'équipe.

On ne doit pas laisser les pelleteurs en nombre impair parce qu'il serait impossible de conduire

l'opération symétriquement, au détriment de l'homogénéité du béton ; à plus forte raison ne faut-il pas laisser ce soin à un homme seul même si les quantités de béton à préparer sont minimes : mieux vaut distraire temporairement plusieurs hommes, quitte à ce que l'opération ne soit pas continue.

**Malaxage mécanique du béton.** — Dès que la production horaire dépasse 2 mètres cubes de béton, le malaxage mécanique remplace avantageusement le malaxage à bras.

Le mélange est plus homogène, le dosage plus rigoureux et la qualité du produit augmente d'autant. Ces avantages seuls justifieraient l'emploi de bétonnières sur de petits chantiers, quoique l'usage de ces appareils ne soit réellement économique que si leur fonctionnement est continu. Aussi existe-t-il des bétonnières de toutes capacités de façon à pouvoir s'adapter à tous les cas d'emploi.

**Bétonnières.** — Ces appareils appelés encore *mélangeurs* ou *malaxeurs* sont de plusieurs types :

Une *bétonnière à palettes* se compose d'une cuve demi-cylindrique, horizontale, qui reste fixe pendant la durée du malaxage et peut basculer autour de son axe pour déverser le béton préparé. Un arbre placé suivant l'axe de la cuve porte des palettes d'acier en forme d'hélices qui divisent la masse et la brassent énergiquement. La pénétration des palettes dans le béton consomme beaucoup d'énergie aussi ce type d'appareil n'est-il usité que pour de faibles débits. Le

malaxeur Campistrou (fig. 119) donne suivant le type 50 ou 100 litres de béton par charge toutes les trois minutes, soit 1 ou 2 mètres cubes à l'heure.

Une *bétonnière à tambour* se compose d'une

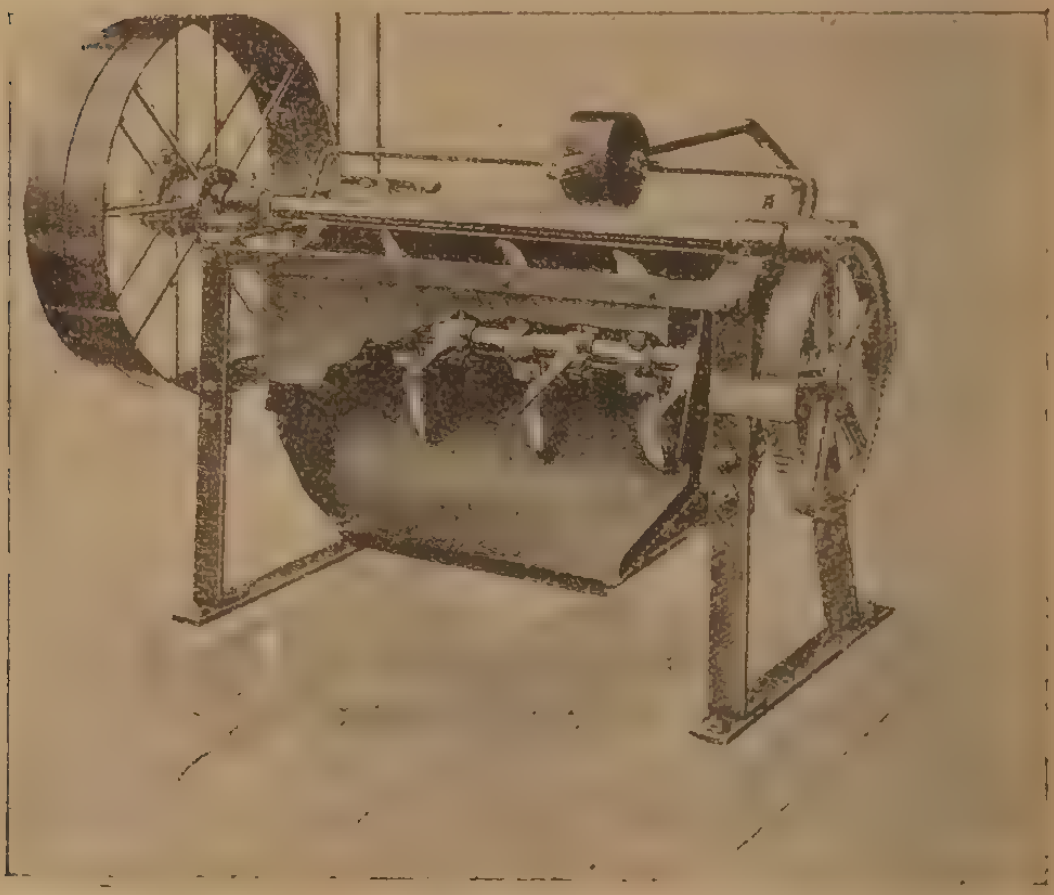


Fig. 119

cuve cylindrique en tôle d'acier animée d'un mouvement de rotation continu et munie intérieurement de pales disposées radialement. Quand la cuve tourne ces pales entraînent les matériaux au sommet, puis les abandonnent. Ceux-ci retombent dans le fond où ils sont repris par d'autres ailettes et ce sont ces chutes répétées qui assurent le mélange intime des matériaux.

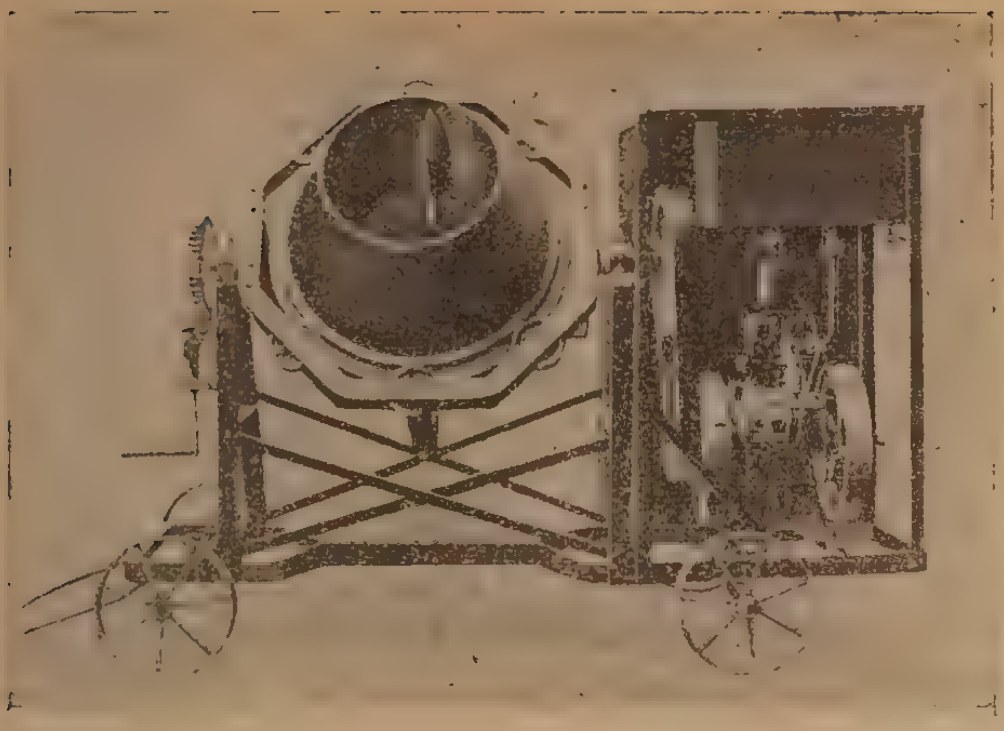


Fig 120

Fig. 121

Dans la *bétonnière Rapide* (fig. 120), la cuve est cylindro-conique, les pales sont disposées de manière à obliger la matière à effectuer des mouvements de rotation, de chute et de va-et-vient d'avant en arrière. Le renversement de la cuve et son inclinaison variable sont assurés par un jeu de pignons solidaires d'une manivelle à enclenchement automatique. L'appareil est mu par un moteur à essence ou électrique. Le débit varie selon les types de 5 à 12 mètres cubes à l'heure avec des puissances de 5 à 8 HP.

Dans la *bétonnière Roll* (fig. 121), le tambour ne porte pas de palettes mais la forme intérieure des parois est telle que les matériaux sont obligés aux mouvements voulus pour le brassage. Pour la vidange, les deux coquilles du tambour s'écartent et le tambour continuant à tourner se vide de lui-même.

Il existe 6 types de cet appareil dont les débits varient de 2 à 25 mètres cubes à l'heure avec des puissances consommées de 2 à 12 HP. Le plus petit modèle peut être mu à bras. Pour les bétonnières de grande capacité il existe en outre un dispositif mécanique de chargement qui permet de réduire au minimum le temps d'arrêt entre deux opérations (1).

Le *mélangeur Sprenger* est basé sur un principe tout différent et la théorie déjà exposée de l'action du liant sur les grains du béton suffit à expliquer l'efficacité de cette nouvelle méthode de

1. Constructeur : Les chantiers de Gerland à Lyon.

enrobage. Le sable, le gravier et l'eau, introduits séparément, sont dosés mécaniquement, puis tombent d'une façon continue dans un tambour cylindrique légèrement incliné. Un appareil diffuseur projette le ciment pulvérulent sur le sable en mouvement. Le ciment s'applique sur toute la surface de chaque grain où il se maintient par suite de l'humidité.

Deux types d'appareils sont construits pour des

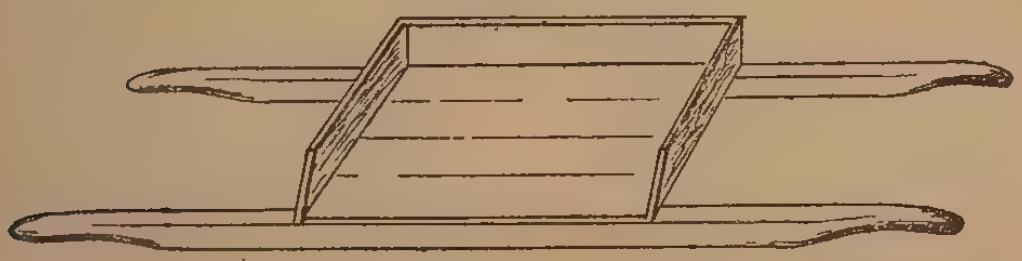


Fig. 122

débits horaires de 4 et 12 mètres cubes avec une puissance de 2 et 4 HP.

**Transport horizontal à bras.** — Le béton est malaxé aussi près que possible du lieu d'emploi parce que les chocs, les vibrations et les transbordements détruisent l'homogénéité du mélange, indépendamment des pertes inévitables en cours de route.

Quel que soit le moyen de transport, les récipients doivent être soigneusement nettoyés en fin de travail.

Le transport horizontal est fait à la brouette, à coffre ou *bayart* (fig. 122). A la brouette un homme roule 40 à 60 litres de béton sur un che-

min horizontal ; au bayart deux hommes portent seulement 40 litres de béton, mais ce moyen est plus pratique que la brouette quand il faut circuler sur un chemin tourmenté, sur des armatures en place, ou quand la distance à parcourir est inférieure à 20 mètres.

**Transport par wagonnets.** — Les wagonnets permettent de véhiculer de gros cubes de béton avec le minimum de main-d'œuvre, mais le prix du matériel et les frais d'installation de la voie font que la question de prix de revient doit être étudiée dans chaque cas d'emploi.

La *voie portative de 0 m. 40* se compose d'éléments rectilignes de 1,25, 2,50 et 5 mètres de longueur, d'éléments courbes aux rayons de 4, 6, 8 et 10 mètres, qui permettent les tracés les plus mouvementés même à l'intérieur de bâtiments. La voie comprenant les rails et les traverses assemblées à demeure pèse de 11 à 15 kilogrammes le mètre courant.

Les plaques tournantes formées simplement d'un plateau lisse facilitent beaucoup la manœuvre parce qu'il n'est pas besoin de les orienter.

Si le sol est résistant on pose la voie directement à terre, mais il est cependant de bonne précaution de placer un madrier sous chaque rail. De toute façon si, à l'usage, on sentait un fléchissement, il faudrait vite caler la voie avant qu'elle ne soit déformée.

Divers systèmes ingénieux d'éclissage des rails sont employés pour rendre la pose et la dépose très rapide.

La capacité des bennes varie de 200 à 500 litres suivant le type de voie adopté ; la voie de 11 kilogrammes au mètre admet une charge de 800 à 1.000 kilogrammes y compris le poids du wagonnet.

La *voie de 0 m. 60* est beaucoup moins maniable et son installation nécessite une étude de tracé et une préparation du sol. La capacité des bennes varie de 200 à 2.000 litres. Le remorquage à

Fig. 123

bras est pénible et on emploie le plus souvent des chevaux ou des tracteurs à essence.

La voie de 0,60 ne convient que sur de grands chantiers où les cubes de matériaux mis en œuvre et la distance de transport sont importants.

**Montage à bras.** — Le transport vertical peut être effectué à la pelle (fig. 123). Pour cela, des planchers superposés formant relais sont établis de deux en deux mètres et sur chaque palier un homme prend à la pelle le béton qu'il projette sur le palier supérieur. Au delà de deux relais le procédé est désastreux parce qu'il donne une perte sensible de matière.

Il ne faut jamais employer cette méthode

pour les transports horizontaux parce que les ouvriers ont tendance à jeter le béton à la volée : le gravillon se sépare alors du mélange et roule dans toutes les directions.

Le montage au *volet* ou au seau placé sur l'épaule n'est admissible que pour de petites quantités de matière qu'un homme seul prépare et transporte. Le *seau italien* embouti d'une seule pièce est recommandé pour cet usage.

Le *roulage sur plan incliné* est intéressant si l'on dispose d'un espace suffisant pour l'installer, si les quantités de matériaux sont importantes et si la montée ne dépasse pas 6 mètres. La pente maximum à prévoir est de 15 0/0 pour la brouette et de 25 0/0 pour le bayart. Le roulage des brouettes étant déjà pénible dans ces conditions, il faut éviter tout ce qui complique la tâche des ouvriers rouleurs. Si la circulation n'est pas à sens unique, les hommes qui descendent s'effacent devant ceux qui montent à charge. Le pont est constitué par des madriers jointifs solidement étayés et sur lesquels sont clouées des traverses à écartement variable avec la pente, de façon qu'à chaque pas le rouleur puisse s'arc-bouter sur l'une d'elles. Le passage de la roue de la brouette est naturellement laissé libre au milieu. Les changements de direction sont en palier. Enfin, il est obligatoire de placer de chaque côté un garde-corps de 0,80 de hauteur.

Le transport par *coulotte* est très économique quand le lieu d'emploi est situé au-dessous du lieu de fabrication. La coulotte est un demi-cylin-

dre en forte tôle dont la pente est au minimum de 50 0/0. A l'aide de couloirs placés bout à bout on arrive ainsi à distribuer le béton dans un rayon égale à une fois et demie la différence de niveau. Le béton n'est pas déversé directement à l'arrivée dans les coffres parce que, pendant la descente, les grains se séparent par grosseur surtout si le béton est gâché serré. L'homogénéité est rétablie par un pellelage.

**Montage par appareils mus à bras ou à moteur.**

L'*élévateur Martinet et Thibaud* (fig. 124) est un appareil léger et portatif qui peut s'établir sur un point quelconque d'un bâtiment ou d'un échafaudage. Il se compose d'un bâti supportant deux tambours d'enroulement des câbles qui sont actionnés simultanément à bras de façon que l'une des bennes monte tandis que l'autre descend. Il existe un mécanisme de réglage de la longueur des câbles qui permet encore de débrayer l'un des tambours pour travailler avec l'autre seulement.

Enfin, les potences orientables évitent à l'ouvrier de se pencher à l'extérieur pour atteindre la charge.

La charge maximum est de 200 kilogrammes ; la contenance de la benne de 60 litres et le débit horaire de 2 mètres cubes à 10 mètres de hauteur.

Le *monte-matériaux Campistrou* (fig. 125) se compose d'une potence orientable très légère qu'on

fixe à l'étage supérieur et d'un treuil qu'on installe sur le sol. Ce treuil, tout en acier, comporte un

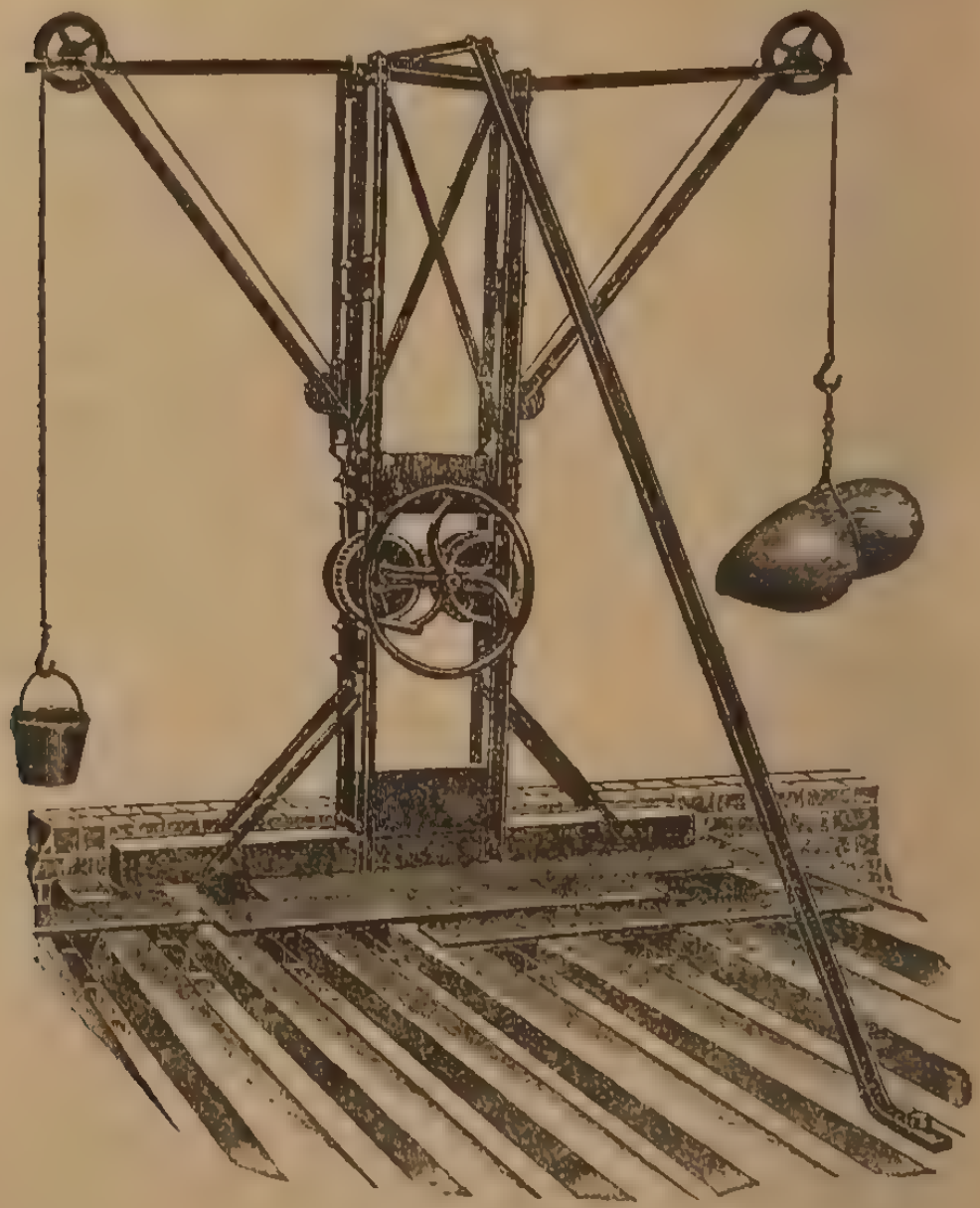


Fig. 124

tambour d'enroulement à démultiplication, un frein à main et un arrêt mécanique qui arrête et retient la charge en un point quelconque de sa course.

Il existe quatre types actionnés par moteurs, qui montent respectivement 250, 500, 1.000 et 1.500 kilogrammes.

L'appareil est particulièrement intéressant quand le chantier est approvisionné par une bétonnière

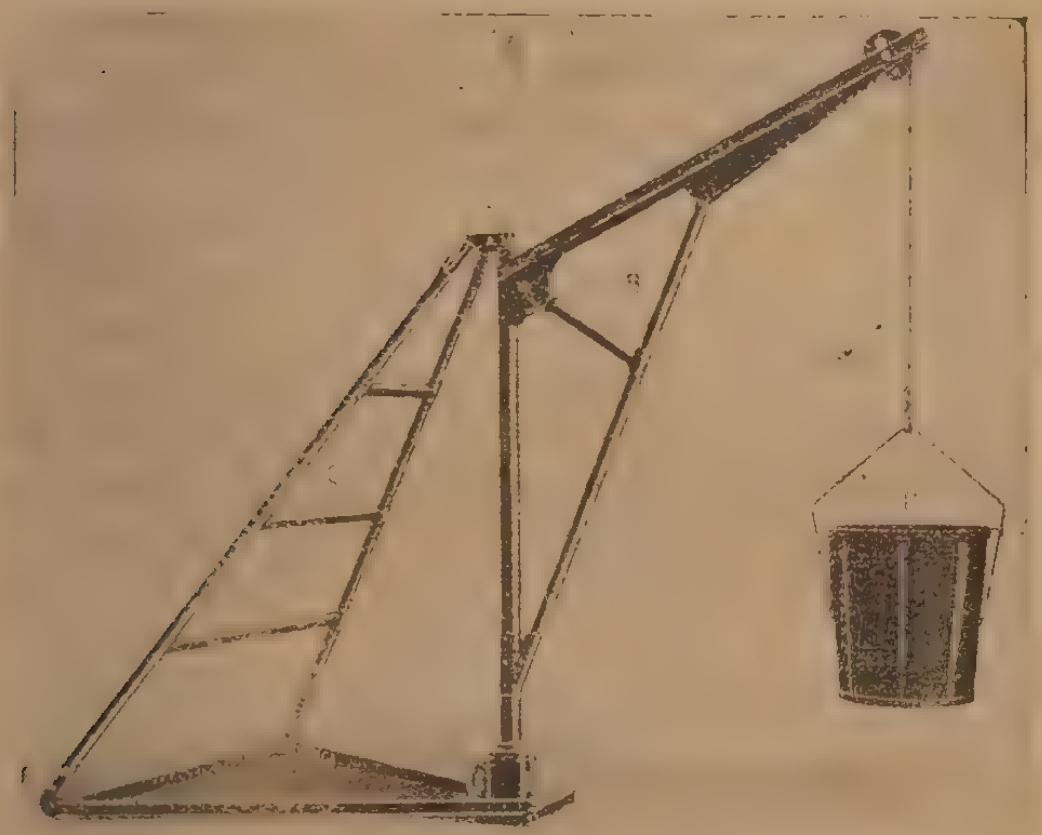


Fig. 125

de sorte qu'un même moteur peut être utilisé aux deux fins.

Le *monte-matériaux « Rapid »* est formé d'un grand mât en tube d'acier le long duquel coulisse une plate-forme orientable.

Ils en existe deux types actionnés par moteurs

de 2 et 4 HP et pouvant enlever 350 et 700 kilogrammes.

Le gros avantage du système est la possibilité d'enlever les brouettes toutes chargées.

**Itinéraires de transports.** — En général, le trajet à suivre par le béton est une combinaison de déplacements horizontaux et verticaux qu'il faut rendre le plus simple possible parce que les transbordements occasionnent des pertes de temps et de matières.

On remarque que de trois itinéraires possibles (fig. 126) depuis la bétonnière A jusqu'au lieu d'emploi D, seul le chemin A B D est logique. Le trajet A C E D demande en effet deux transbordements et le trajet A H D, d'ailleurs le plus souvent impossible, nécessiterait un déplacement perpétuel du monte-charge. Il faut donc préparer le béton au pied même du monte-charge et placer ce dernier en un point d'où la distance de transport moyen à l'aire à bétonner soit minimum, par exemple, dans la cage du futur escalier, ou au milieu du plus grand côté du bâtiment.

Pour éviter les transbordements on peut enlever les brouettes avec le monte-charge, mais il est encore préférable de constituer un matériel de wagonnets et de monte-charges à bennes interchangeables, exception faite pour l'appareil « Rapid » spécialement construit dans ce but.

Certains appareils effectuent indistinctement les transports horizontaux et verticaux : tels sont les transporteurs par courroies, par chaînes à godets et par câbles aériens. L'étude de ces installations

ne saurait trouver place dans ce volume. Elles ne sont d'ailleurs utilisables que sur de très gros chantiers à cause de leur gros débit et de leur prix élevé.

La *distribution par gravité* consiste à installer au centre du chantier et à hauteur convenable pour pouvoir le desservir entièrement une trémie

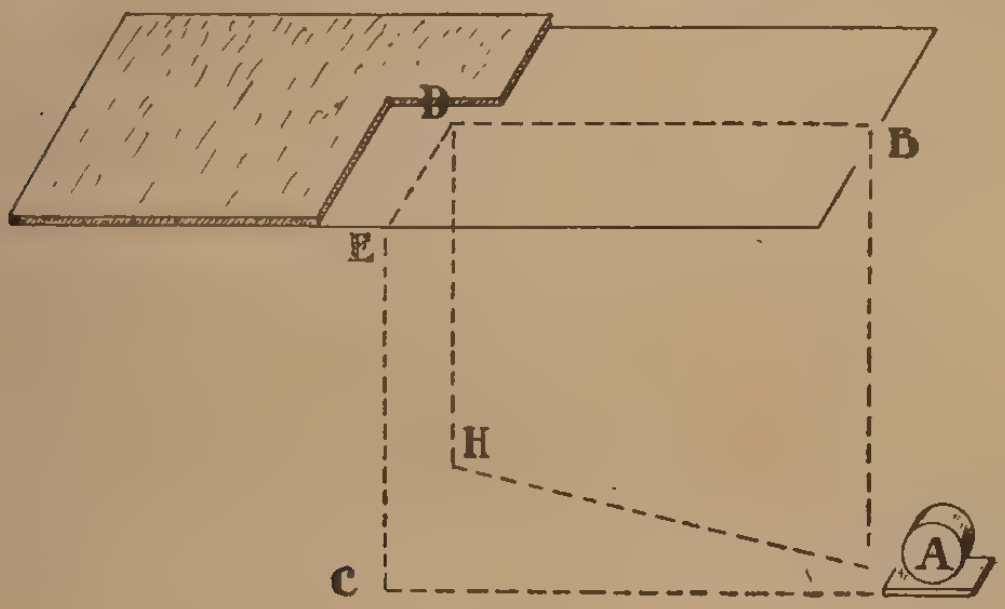



Fig. 126

alimentée en béton par un procédé quelconque. La distribution est faite ensuite par coulottes ou par tuyaux mobiles.

**Mise en œuvre du béton.** — Le bétonnage ne doit être confié qu'à des ouvriers extrêmement consciencieux parce que la bonne exécution de ce travail est un facteur essentiel de sa réussite et parce que les malfaçons demeurent irréparables et souvent invisibles.

Le coffrage est au préalable débarrassé par

balayage et par lavage de toute souillure : poussière, boue, rouille, suie, feuilles mortes, etc... Ces détritus s'accumulent dans les recoins du coffrage et particulièrement aux raccords des piliers et des poutres d'où on les chasse par projection d'eau.

L'arrosage a en outre pour but de saturer d'eau le bois qui, sans cette précaution, dessécherait la première couche de béton et rendrait la prise imparfaite.

On s'assure avant de commencer le bétonnage que les appareils et les outils sont en bon état de fonctionnement, que les matériaux sont en quantité suffisante, que la main-d'œuvre ne viendra pas à faire défaut et qu'il n'y aura aucun jour de chômage au cours du travail.

Le pilonnage est conduit avec le plus grand soin : il a pour objet d'amener les gravillons au contact grain à grain, d'obliger le sable à se loger dans les interstices, et de faire ressuer l'excès d'eau.

En couche horizontale on pilonne avec une dame en fonte de 10 à 12 kilogrammes ou avec une *batte en bois* (fig. 128). Les couches successives sont de 15 à 20 centimètres pour le béton en massifs épais et de 6 à 10 centimètres pour le béton armé. Le pilonnage est fait par petits coups secs et répétés et non par chocs violents qui ébranlent le coffrage et détruisent l'adhérence du ciment en cours de prise.

Entre coffrages verticaux et autour d'armatures resserrées, on se sert d'une dame rectangulaire ou d'une *pilette* (fig. 127), qu'on manœuvre d'une main tandis que de l'autre on écarte

légèrement les fers avec un crochet (fig. 129).

Il existe divers types de pilons mécaniques mus à l'électricité ou à air comprimé.

Les cavités et les flaches d'un béton mal pilonné constituent un très grave défaut parce qu'elles créent des sections de moindre résistance, amorces de futurs fissures et qu'elles compromettent l'imperméabilité du béton déjà si difficile à acquérir.

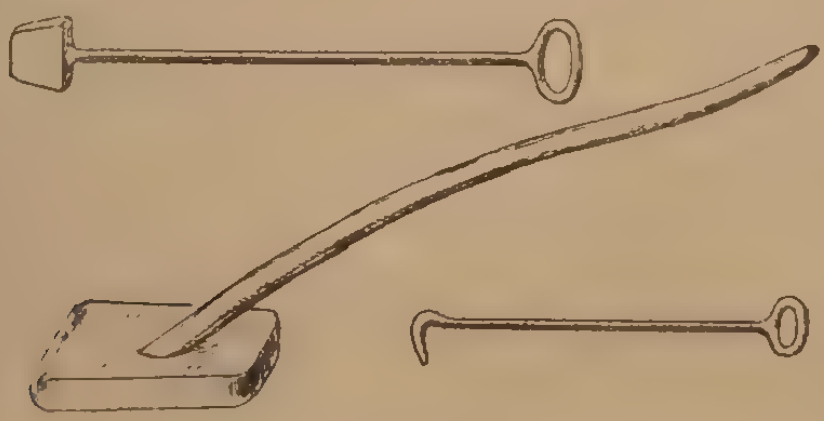


Fig. 127-128-129

Les fers à nu sont susceptibles d'être attaqués par l'humidité et par le plâtre des plafonds.

Il n'y a aucun remède à ce défaut : si on peut, par un enduit, masquer les malfaçons apparentes, il est impossible, par contre, d'obvier à la diminution de résistance.

On assigne à chaque ouvrier une section du bétonnage à faire et on inscrit son nom sur les plans. La crainte de ne pouvoir ensuite se disculper incitera celui-ci à faire correctement sa besogne.

Pendant la coulée, un ouvrier charpentier sur-

veille attentivement le coffrage ; il peut être nécessaire de soulever les étais, d'en ajouter de nouveaux, de renforcer les coffres et les assemblages. Ces opérations très faciles tant que le béton est liquide sont fort nuisibles dès que la prise a commencé.

On interdit toute circulation sur les parties fraîchement bétonnées pendant quarante-huit heures. Le roulement des brouettes et les vibrations sont particulièrement redoutables.

**Bétonnage sous l'eau.** — La coulée sous l'eau du béton nécessite quelques précautions. Pour éviter les pertes par délavage et la séparation des grains par grosseur et par densité, on fait en sorte que le béton arrive à sa place sans contact avec l'eau.

Un premier procédé consiste à descendre lentement et sans secousses le béton par masses de 0,2 à 1 mètre cube dans des caisses ou bennes ouvrantes par un système de déclanchement (fig. 130 et 131).

L'autre méthode qui donne un travail continu consiste à faire descendre le béton par un tube télescopique constamment rempli qu'on déplace au fur et à mesure du bétonnage (fig. 132).

Malgré tout, une partie du ciment s'échappe et vient former une *laitance* qui s'étale à la surface du béton. On compense cette perte en forçant le dosage de 1/5, en poids.

La laitance empêche l'adhérence des couches superposées de béton aussi faut-il, soit nettoyer

la surface, avec un balais métallique, soit couler tout le béton en une seule épaisseur.

Quand la profondeur dépasse 1 m. 50 et que l'épuisement est impossible il faut recourir à des procédés beaucoup plus compliqués nécessitant

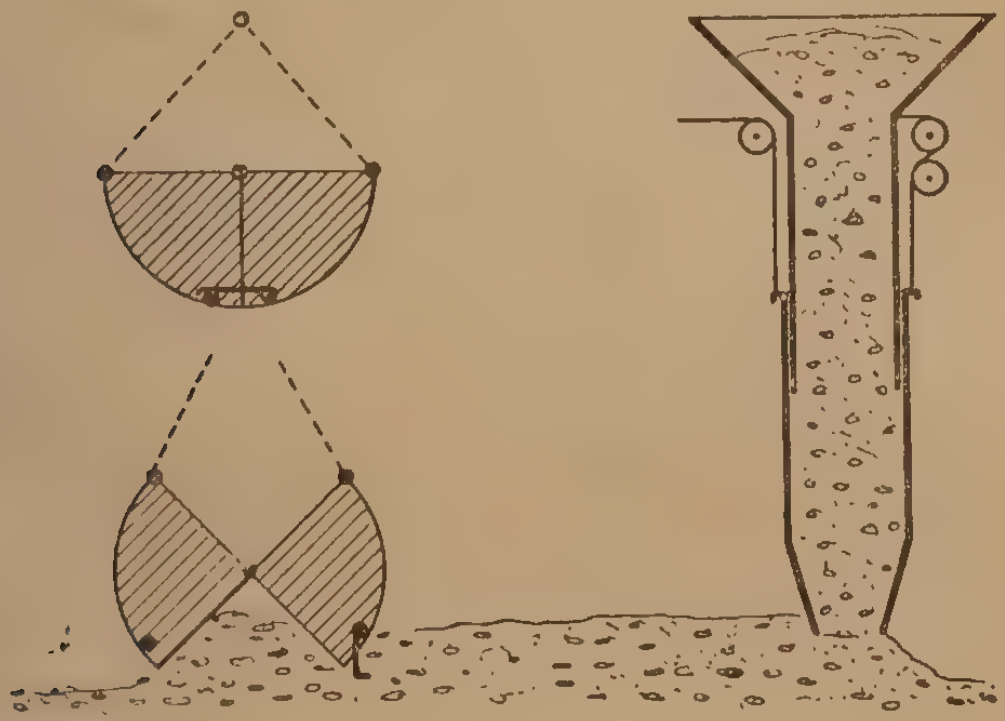


Fig. 130-131-132

l'emploi d'un matériel et d'un personnel spécialisé.

**Reprises.** — En principe tout le béton d'un même ouvrage doit être coulé sans interruption, pour que la masse forme monolithe parfait. La rapidité de mise en œuvre doit être recherchée par le travail mécanique ou par un accroissement temporaire de main-d'œuvre ; le système de primes à la tâche dont l'effet est indéniable sur le zèle

des ouvriers ne vaut, dans le cas présent, que si la surveillance est rigoureuse. Il ne faut pas, en effet, que la sujétion de rapidité d'exécution soit prétexte à malfaçons et mieux valent des reprises convenablement exécutées qu'un béton mal gâché ou insuffisamment pilonné.

Si le travail doit être interrompu, on délimite à l'avance l'étendue à bétonner chaque jour. La section d'arrêt est déterminée de façon qu'elle coupe chaque élément de l'ouvrage perpendiculairement à la direction des efforts de compression et, autant que possible, en un point où ses efforts sont minima. Avec cette règle, en effet, même si la soudure était imparfaite la résistance de la pièce ne devrait pas être compromise. Des instructions complémentaires relatives à chaque cas particulier seront données à la quatrième partie de l'ouvrage.

Quand cette section est verticale (cas des poutres et des dalles) on la réalise par un coffrage provisoire qui laisse le passage des armatures. Au moment de reprendre le bétonnage, on décoffre avec précaution, on repique la surface du joint, on brosse et on badigeonne avec un lait de ciment pur ou mieux on enduit avec un mortier riche.

Certains constructeurs ont tenté d'empêcher la prise du béton pendant le temps d'arrêt de la coulée, soit par refroidissement, soit par adjonction de produits chimiques. Cette méthode ne semble pas donner de meilleur résultats qu'une reprise traitée comme il vient d'être expliqué.

**Effet de la sécheresse.** — La proportion d'eau

nécessaire au gâchage est insuffisante pour la prise et le durcissement du béton ; en outre, une bonne partie de cette eau est absorbée par le bois, filtre au travers des joints ou s'évapore.

Au soleil, la dessiccation est rapide et il se forme à la surface une croûte blanche qui fait prise rapidement en se décollant de la masse.

On protège le béton du soleil par des bâches, des planches, du sable humide ou de la sciure de bois, mais si la surface est grande, on se contente d'attendre quelques heures avant d'arroser : au début on procède avec précaution parce qu'un excès d'eau entraînerait le ciment et détruirait le lissage, puis on arrose copieusement et on maintient l'humidité pendant une huitaine de jours.

Durant la prise, le béton subit un retrait d'autant plus accentué qu'il sèche plus rapidement, tandis qu'il s'allonge légèrement quand il reste constamment immergé. Le retrait qui peut atteindre 2 millimètres par mètre après huit jours et s'accroître encore dans la suite, est complètement empêché par un arrosage convenable.

**Effet de la pluie.** — Une pluie fine et continue remplace avantageusement l'arrosage qui vient d'être préconisé. On prend seulement la précaution de gâcher le béton un peu plus serré, puisque l'arrosage commence dès la mise en œuvre.

Une forte pluie produit au contraire un effet désastreux quand elle survient avant la fin de la prise : elle traverse le béton en entraînant le ciment et en laissant le gravillon à nu. Les parties qui offrent une faible surface sont aisées à pro-

téger mais il n'en est pas de même de grandes étendues horizontales.

Si la pluie est de courte durée, on protège suffisamment le béton par une bâche étendue à sa surface, mais si elle persiste, il faut organiser l'écoulement de l'eau : il serait absurde en effet de protéger une partie de la surface alors que l'eau rejetée irait ravager les environs d'autant plus dangereusement qu'elle serait en plus grande masse.

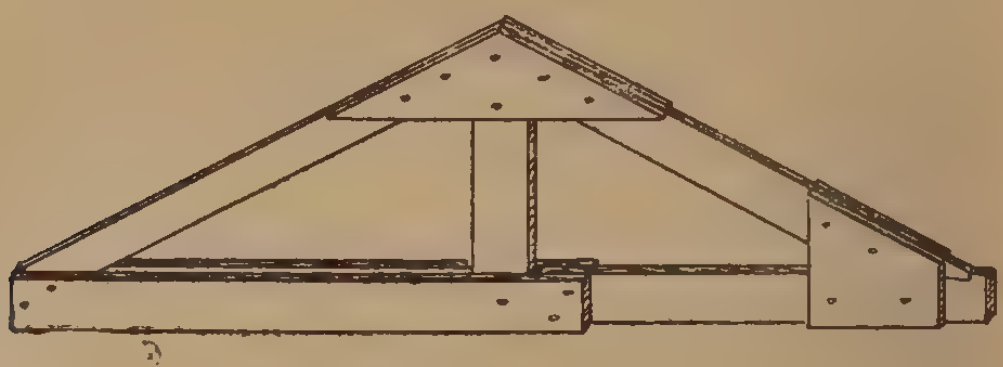


Fig. 133

On tend les bâches sur des cordages ou mieux sur une charpente provisoire qui donne une pente de 40 0/0 au minimum. Des fermes (fig. 133) faites de madriers ou de planches épaisses assemblées par des clous sont placées de trois en trois mètres ; sur les arbalétriers sont clouées des planches où s'appuient les bâches que l'on maintient contre le vent en suspendant des poids au pourtour ou en posant dessus quelques pièces de bois.

Pour la protection des chapes en ciment où une simple chute d'eau goutte à goutte produit des

désordres, on remplace les bâches par des tôles ondulées dont la pente peut être réduite à 5 0/0 à condition d'incliner la couverture dans le sens du vent (fig. 134).

Les eaux sont recueillies dans une gouttière en zinc et évacuées par des trous percés de distance en distance dans la dalle.

Quand la prise est terminée, la pluie ne peut plus entraîner le ciment et il suffit d'empêcher

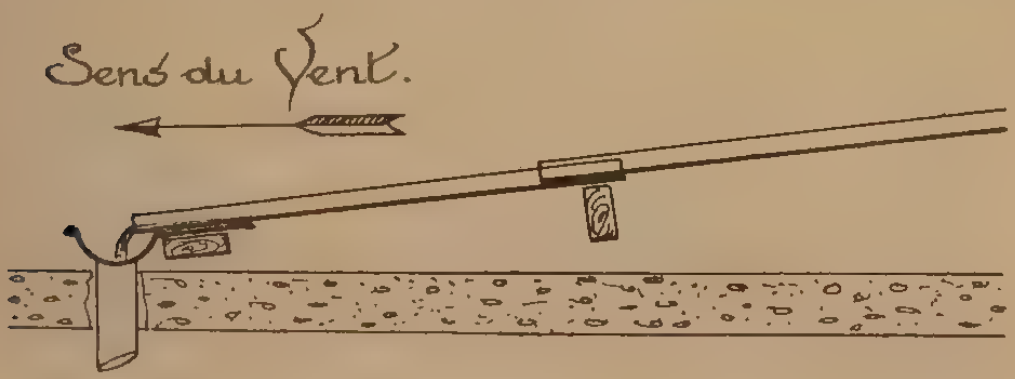



Fig. 134

le ruissellement à l'aide de sable ou de vieux sacs posés directement sur le béton.

**Remède au délavage.** — La pluie enlevant le ciment de la face supérieure de la dalle détruit précisément la partie utile à la résistance. L'inconvénient est donc grave et il faut faire des sondages pour se rendre compte de l'importance des dégâts. Si seul le lissage superficiel a disparu, la résistance n'est pas sensiblement modifiée, mais si la couche endommagée atteint 1 centimètre, il faut la refaire au plus tôt avec un mortier riche à 500 kilogrammes de ciment par mètre cube

en prenant les précautions indiquées pour les reprises. Le délai de décoffrage n'est compté qu'à partir de l'exécution de cette chape. Une attaque plus profonde dans une dalle d'épaisseur courante oblige à recommencer complètement le travail.

**Effet de la gelée.** — Cet effet est très controversé et il convient d'en connaître le mécanisme pour s'expliquer les résultats parfois déconcertants qu'on observe.

La prise du ciment consiste en une hydratation et, cette action chimique, suspendue par le froid, reprend dès que la température redevient normale. La gelée ne fait donc que retarder la prise, si c'est ce seul phénomène d'absorption d'eau qu'on convient d'appeler ainsi sans égard à l'état physique de cohésion et de résistance de la masse finale.

Supposons un béton fraîchement exécuté et surpris par la gelée avant le commencement de la prise. Celle-ci est complètement entravée et l'eau maintenue dans la masse par capillarité se transforme en glace. Au dégel, les conditions se retrouvent favorables et la prise se produit normalement s'il ne survient aucun autre accident.

Supposons maintenant que la prise du béton soit terminée avant le gel. Le ciment a partiellement soudé les grains de sable mais cette liaison est encore très fragile. Tous les interstices de la masse sont remplis d'eau en excès et la glace formée augmentant de volume, produit une poussée qui écarte les grains les uns des autres avec une force bien supérieure à la résistance du liant.

Le béton est désagrégé sur toute l'épaisseur où l'eau a gelé. Au dégel, le ciment continue bien son durcissement mais, étant fixé à l'état solide à la surface des grains, il est incapable de resouder ces grains entre eux.

Enfin, si nous considérons un bloc de béton déjà âgé et imbibé d'eau, l'éclatement se produira fatalement chaque fois que la force d'expansion de la glace sera supérieure à la résistance à la traction du liant.

Le grand nombre de facteurs qui influent sur ces circonstances, suffisent à expliquer la diversité des effets observés dans des cas d'apparence identique.

Précautions contre la gelée. — Pour protéger un béton coulé à température normale quand on redoute une gelée prochaine il faut :

1° *Augmenter la force du liant* afin qu'il soit plus tôt en état de résister à la poussée de la glace :

*a*) Par l'emploie de ciment de première qualité ;

*b*) Par l'augmentation du dosage en ciment ;

*c*) Par un malaxage parfait ;

*d*) Par accélération de la prise, ou emploi du ciment fondu.

2° *Diminuer la quantité d'eau en excès :*

*a*) Par un dosage judicieux du sable et du gravillon pour obtenir un béton plein ;

*b*) Par un gâchage serré ;

*c*) Par un pilonnage énergique.

3° *Protéger le béton du froid et du vent :*

*a*) En le recouvrant de cendre, de paille, ou de fumier au contact direct ;

*b*) En le recouvrant de bâches distantes de 20 centimètres de la surface de façon à former matelas d'air ;

*c*) En chauffant (à l'intérieur).

4° ***Diminuer les risques*** en ne coulant que par petites parties.

Pour empêcher la gelée du béton mis en œuvre pendant les froids on rend l'eau incongelable en dissolvant l'un des produits suivants (1) :

Pour 100 litres d'eau et pour des températures présumées de :

| | 5° | 10° |
|---|---|---|
| Carbonate de soude anhydre..... | 5 kgr. | 10 kgr. |
| Chlorure de sodium (sel marin).... | 9 kgr. | 18 kgr. |

Quand le béton a été malaxé à l'eau pure, il est encore possible de lui incorporer des sels après la prise : pour cela on arrose à plusieurs reprises la surface avec une dissolution chaude et concentrée en attendant chaque fois que le liquide ait pénétré dans la masse ; l'eau salée se mélange à l'eau en excès et la chasse en partie. La couche supérieure de la dalle, la plus sujette à geler, sera certainement préservée.

Après le séchage de la construction, les sels restent emprisonnés dans la masse, et viennent former des efflorescences blanches à la surface même au travers des enduits auxquels ils donnent

1. Les proportions indiquées par les différents auteurs varient dans de très larges limites et nous n'attachons qu'une confiance relative à ces artifices auxquels les procédés naturels indiqués auparavant sont en tous points préférables.

un vilain aspect. Les eaux de pluie entraînent ces cristaux mais ils reparaissent pendant de longs mois à chaque période de sécheresse.

Il est impossible de se rendre compte des effets de la gelée tant qu'elle persiste, la glace formée rendant le béton très dur. Au dégel, s'il ne se détache qu'une mince pellicule du mortier, le mal est négligeable, mais, si après huit jours de prise (non compris les jours de gelée), on peut arracher le gravillon avec une baguette, il devient urgent de faire des sondages pour reconnaître l'étendue des dégâts.

Les remèdes sont les mêmes que pour le délavage.

**Action de l'eau de mer.** — Le béton résiste mal à l'eau de mer parce qu'elle renferme divers sels qui attaquent le ciment. Ce phénomène a occasionné des dégâts considérables et amené la ruine de plusieurs ouvrages d'arts. Les moyens employés pour parer à ce danger sont : l'emploi de ciments spéciaux, l'addition de produits chimiques, le revêtement par enduit et l'imperméabilisation de la masse.

Cette question très complexe est à étudier dans chaque cas particulier. La plus grande prudence est nécessaire et de nombreux et patients essais s'imposent, dont la conduite ne doit être confiée qu'à des spécialistes.

**Action des produits chimiques.** — L'eau pure n'a aucune action sur le béton ni sur les armatures convenablement enrobées.

Les eaux minérales (magnésiennes, sulfureuses

et séléniteuses) sont dangereuses au même titre que l'eau de mer. Les acides et tous les corps qui en contiennent, y compris les graisses et les huiles organiques, attaquent le béton. Quand la teneur en acide est faible, la corrosion est minime, mais si elle n'a pas d'inconvénient pour le récipient elle peut en avoir pour le contenu.

On construit actuellement des réservoirs en ciment armé dont le revêtement intérieur en verre résiste à tous les liquides.

Les liquides alcalins (eaux-vannes, purins, etc.), n'attaquent pas le ciment.

**Imperméabilité du béton.** — Le béton le mieux fait, même au dosage de 600 kilogrammes par mètre cube, n'est pas étanche. Les vides occupent encore à l'intérieur 10 0/0 du volume total et proviennent partie de l'air emprisonné pendant la coulée, partie de l'excès d'eau qui s'est évaporée ensuite.

Des travaux satisfaisants d'imperméabilisation dans la masse ont été obtenus par adjonction, de chaux éteinte, de ciment de pouzzolanes, d'alun, de savon, etc...

Il existe actuellement sur le marché de très nombreuses spécialités qui remplissent le même but (Porolithe, Cérésite, Watproof, Fucose, Castor) qui sont mélangés à l'eau de gâchage.

Ces produits, à base de gelées végétales ou de bitume émulsionné, n'ont de valeur que si on est assuré de ne pas avoir dans la suite de fissures dues au tassement ou à la dilatation ; ils agissent en effet parce qu'ils remplissent les pores du

béton, mais ils ne sauraient obstruer une crevasse qui apparaîtrait après coup.

L'étanchéité en surface réalisée par un revêtement imperméable et plastique n'a pas cet inconvénient, mais le procédé est beaucoup plus délicat, plus coûteux et ne s'applique pas commodément dans tous les cas. La technique en sera étudiée à la cinquième partie de l'ouvrage.

## DÉCOFFRAGE

Le décoffrage nécessite de la part des ouvriers beaucoup de patience et d'habileté pour être mené à bien sans dommage pour la construction ou pour les coffres.

On considère trop souvent le décoffrage comme une opération secondaire qu'on laisse à l'initiative des manœuvres et qu'on opère à temps perdu ; c'est au contraire une première épreuve parfois très dure pour le bâtiment, dangereuse pour les ouvriers et qui doit être réglée minutieusement.

La récupération des bois en bon état a également son importance.

Délais de décoffrage. — L'ordre de décoffrer est donné par le chef d'entreprise qui ne doit pas tolérer que les ouvriers décoffrent à leur guise sous quelque prétexte que ce soit (pénurie de bois, gêne dans la manœuvre, etc...).

Le délai de décoffrage dépend :

1° De la hâte qu'on a à récupérer les bois pour d'autres usages ou à laisser l'espace libre.

Cette condition ne permet cependant pas de s'affranchir des délais habituels, mais, dans les cas exceptionnels, elle conduit à l'emploi de ciment à durcissement rapide (ciment fondu).

2° De l'importance des pièces au point de vue de la résistance de la construction ;

3° Des charges et des surcharges supportées par les pièces ;

4° Des circonstances atmosphériques.

Un temps chaud, lorsque le béton est convenablement arrosé, est le plus favorable au durcissement, tandis que les jours de pluie et les jours de gelée sont à ajouter aux délais ordinaires.

Les délais par bon temps sont :

| | |
|---|---|
| Dalles de faible portée, cloisons, murs, massifs | 3 jours |
| Dalles de moyenne portée (2 m) Linteaux. | 8 jours |
| Poutres secondaires | 15 jours |
| Poutre principales | 21 jours |
| Poteaux | 21 jours |

Par temps froid, ces délais peuvent être doublés, aussi le critérium le plus certain est-il le degré de dureté, plutôt que l'âge du béton.

Sur les chantiers importants, on fait chaque jour un prélèvement du béton mis en œuvre, on confectionne des éprouvettes qui sont soumises aux mêmes conditions de prise que le béton coulé et on n'ordonne le décoffrage que lorsque ces éprouvettes ont acquis une résistance suffisante.

Un ouvrier expérimenté suit le durcissement du béton par les essais suivants :

1° Le gravier ne peut plus être arraché avec une baguette de bois dur. On décoffre les murs et les massifs ;

2° Le gravier ne peut plus être arraché avec un ciseau poussé à la main. On décoffre les hourdis ;

3° Le gravier ne peut plus être arraché au ciseau et au marteau ; une pointe refuse de s'enfoncer dans le béton. On décoffre les poutres ;

4° Les graviers s'écrasent sous le choc du marteau sans s'arracher. L'ouvrage peut subir les épreuves.

**Procédés généraux de décoffrage.** — Si le coffrage a été conduit intelligemment, le décoffrage sera rapide et facile.

L'enlèvement des étais demande quelque circonspection et les mécomptes enregistrés se sont presque toujours produits à ce moment.

On commence par enlever une chandelle sur deux sans précautions spéciales. Puis, en chassant les coins et en vidant les boîtes à sable, on dégage progressivement les autres. Les chandelles, clouées à la partie supérieure, restent suspendues dès que le jeu est suffisant. Chaque poutre prenant ainsi progressivement sa charge, on s'apercevrait d'une flexion anormale avant qu'elle soit dangereuse et la poutre continuerait à s'appuyer sur les chandelles en évitant tout accident. C'est après avoir seulement constaté que tous les étais sont libres qu'on procède à leur enlèvement.

S'il se trouvait qu'on ait oublié au montage de faire reposer quelques chandelles par l'in-

termédiaire de coins, il faudrait les scier au pied et non pas les chasser en force.

On enlève ensuite toutes les pièces de charpente qui servent à maintenir le moule en se servant pour cela de pinces, de pieds-de-biche et d'arrache-clous.

Si les panneaux tendent à se détacher d'eux-mêmes, on les étaie provisoirement sous peine de

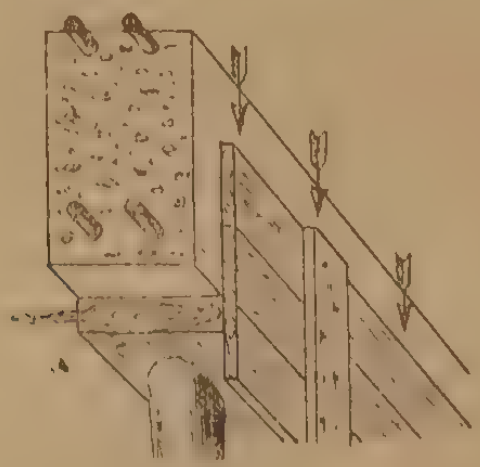


Fig. 135

les voir se briser en tombant et blesser les ouvriers. Si, par contre, ils restent collés au béton on les détache à l'aide de coins en bois qu'on chasse à la masse en bois. Il faut absolument éviter les chocs brutaux qui ébranlent le béton, ainsi que les pesées au levier qui donnent une force considérable mais qui brisent tout.

Le *décoffrage tangent* est un procédé employé lorsqu'on veut conserver brut de décoffrage les arêtes vives et les surfaces moulurées. Chaque face du moule est décollée par glissement longi-

tudinal grâce à de petits chocs répétés appliqués en bout du coffre. Par exemple, pour conserver les arêtes d'une poutre rectangulaire (fig. 135), on enlève d'abord les joues par glissement vers le bas, le sommier formant peigne pour préserver les arêtes inférieures, puis on enlève le sommier par glissement horizontal.

Aussitôt après le décoffrage, les bois sont nettoyés du ciment qui y adhère. Les clous sont arrachés et peuvent même être redressés à l'aide de petits appareils construits à cet effet. Les coffres qui doivent être réemployés sont réparés et redressés. Les bois dont l'emploi n'est pas immédiat sont classés comme les bois neufs.

L'enlèvement des coffres ne doit jamais être fait pendant la gelée même si la résistance du béton était suffisante ; l'adhérence du bois est en effet telle qu'on briserait les planches et qu'on arracherait les arêtes en mettant les fers à nu.

# TROISIÈME PARTIE

## TRAVAUX DE CIMENTAGE

Ces travaux exécutés en mortier ou en béton de ciment à l'exclusion de toute armature, ne nécessitent pas l'intervention d'un technicien, mais exigent de l'ouvrier une grande habileté manuelle.

### DALLAGES

Un dallage en ciment comprend deux couches distinctes : la couche inférieure ou *forme* destinée à supporter les charges et à répartir la pression sur le sol et la couche supérieure ou *chape* qui résiste à l'usure et à l'infiltration de l'eau.

Sur un plancher en béton armé, le hourdis tient lieu de forme et on n'exécute que la chape.

La couche inférieure est en béton au dosage de 200 kilogrammes de ciment artificiel par mètre cube de mélange de sable et de gravillon à la maille de 25 millimètres. Certains ouvriers emploient le gravillon seul, le sable tamisé étant réservé pour d'autres usages et en particulier pour la chape. L'aspect définitif du dallage n'est pas modifié mais il est évident que la résistance et l'imperméabilité sont bien inférieures à celles d'un béton plein.

L'emploi de béton de chaux est également mauvais parce que l'adhérence de la chape est nulle et que le béton se boursoufle en produisant des crevasses.

La chape est en mortier au dosage de 1200 kilogrammes de ciment artificiel par mètre cube de sable, soit sensiblement volume pour volume.

Certaines usines livrent un ciment artificiel, dit Ciment à dallage, dont la teinte bleuâtre donne à la chape un aspect agréable.

Le sable employé est de première qualité, grenu, siliceux très dur, exempt de poussière et de toute impureté.

L'épaisseur des dallages dépend de leur destination :

| | Forme | Chape | Epaisseur totale |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Cave et sous-sol..... | 6 | 2 | 8 |
| Vestibule, magasin, usine... | 8 | 2 | 10 |
| Ecurie, passage pour autos.. | 10 | 2 | 12 |
| Rue, passage charretier ..... | 11 | 4 | 15 |

**Exécution d'un dallage.** — Le sol est préalablement pilonné et nivelé très soigneusement parce qu'une erreur de quelques centimètres conduit à des épaisseurs de béton inadmissibles et coûteuses.

Des repères de nivellement de distance en distance sont constitués par des tasseaux cloués sur les murs environnants ou par des piquets enfoncés dans le sol et dont la tête affleure exactement le niveau du dallage terminé.

On dispose deux files parallèles de *règles-gabarits* bien droites, lisses et suffisamment rigi-

des, à écartement de deux mètres environ. On les cale par des pierres ou simplement par quelques pelletées de béton de telle façon que la face supérieure donne le niveau d'arasement de la forme.

Le béton gâché serré est répandu sur le sol entre les règles et damé vigoureusement par couches successives de 5 centimètres. On l'arase au niveau des gabarits à l'aide d'une troisième règle ou *jauge* dont les arêtes sont ferrées et les extrémités munies de poignées.

La jauge tenue aux deux extrémités de champ et légèrement oblique sur la direction des gabarits, est promenée en conservant le contact de ces gabarits, de façon à balayer le plan de nivellement désiré.

Le béton en excès résiste à l'avancement de la jauge, aussi la manœuvre n'est elle possible que grâce à un mouvement longitudinal de va et-vient que les ouvriers impriment simultanément à la règle (fig. 136). Le béton chassé par la jauge est enlevé à la truelle tandis que les cuvettes sont remplies et nivelées de nouveau.

Le procédé permet de niveler le béton jusqu'à une certaine distance au delà des gabarits.

Avec quelques précautions, il est possible, sans déformer la surface, de circuler sur le béton frais pour enlever les règles et remplir à la truelle les vides laissés.

Pour de faibles surfaces on nivelle à la *taloche,* simple planche rabotée sur la face inférieure et munie d'un manche ou d'une poignée sur l'autre face. L'ouvrier la confectionne lui même en lui

donnant la forme et les dimensions appropriées au genre de travail à exécuter.

Quand la dalle ne doit pas recevoir de chape, on lisse à la taloche. Les gravillons restent apparents, et la surface bien qu'encore rugueuse convient cependant pour divers usages : application d'enduit-parquet, de carrelage, de mosaïque, de chape hydrofuge, etc...

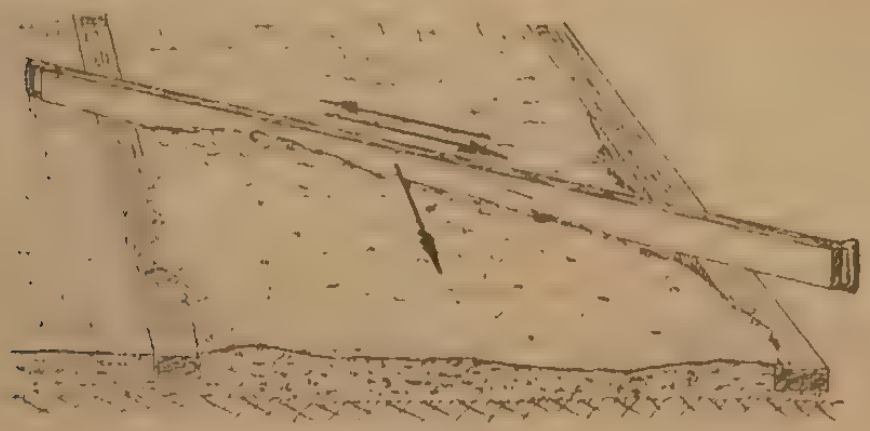


Fig. 136

Il semblerait avantageux de ne pas attendre que la forme ait fait prise pour appliquer la chape, afin de favoriser l'adhérence des deux couches et des ouvriers adroits pourraient mener à bien l'opération en une seule fois. Cependant, sur du béton déjà dur, mais propre et rugueux, l'adhérence du mortier encore considérable ne justifie pas pareille mesure. L'application n'est donc faite que lorsque la forme est assez résistante pour supporter le passage des ouvriers.

La pratique qui consiste à n'exécuter la chape

que lors de la remise du bâtiment est mauvaise parce qu'entre temps la surface du béton a été souillée par la boue et le plâtre tandis que ses aspérités ont disparu.

On règle l'épaisseur de la chape avec des règles-gabarits en fer espacées de 1 mètre. On remplit l'intervalle avec du mortier gâché serré et on comprime très fortement au battoir. Comme précédemment, on nivelle avec le jauge, puis avec la taloche. Enfin on lisse à la *truelle de cimentier* (fig. 137) jusqu'à ce que la chape présente un éclat vitreux. Ce lissage est fait en une seule fois et toujours avant le début de la prise, sinon il produit une sorte de rebattage très nuisible à la cohésion et à la dureté finale de l'enduit. C'est pourquoi si par hasard le mortier était gâché trop clair et de ce fait impropre au lissage, on ferait disparaître cet inconvénient en le malaxant avec d'autre mortier plus sec, plutôt qu'en l'employant tel et en attendant le début de la prise pour lisser.

L'horizontalité doit être parfaite et la trace de la truelle complètement disparue. On reconnaît que la surface n'est pas plane à la variation d'éclat de la chape encore humide aux emplacements en cuvette et en dos d'âne.

Un usage répandu consiste à saupoudrer la surface avec du ciment pur qui donne un lustre et une teinte agréable. Le procédé est défectueux parce que la pellicule formée ne résiste pas à l'usure et s'écaille rapidement.

Dès que la prise est terminée on arrose le dal-

lage et on maintient l'humidité pendant plusieurs jours. On retarde l'évaporation de l'eau en recouvrant la surface d'une mince couche de sable fin ou de sciure de bois blanc (1).

**Raccords.** — Quelque attention que l'on apporte au nivellement des gabarits, il est facile de commettre des erreurs de quelques millimètres qui s'apprécient parfaitement à l'œil quand le dallage est terminé et qui créent des flaches où l'eau séjourne. Il est difficile en particulier de raccorder convenablement deux parties de la chape non appliquées en même temps. En fin de journée on arrête la surface enduite le long d'une règle qu'on laisse en place et le lendemain on s'appuie sur cette règle, pour continuer le travail. Le bois pouvant se gauchir par séchage, il est indispensable de n'employer que des règles métalliques.

**Dessins sur la chape.** — On laisse rarement unie la chape d'un dallage et les dessins exécutés à la surface ont pour but de la décorer, de la rendre moins glissante et de masquer ses imperfections.

**Bouchardage.** — La boucharde de cimentier (fig. 138) est un rouleau en bronze qui présente à sa surface de petites saillies régulièrement alignées.

Quand la prise a commencé, on fait rouler la boucharde en la tirant à soi, à la surface de la chape, où elle imprime de petits points alignés sous l'effet de son seul poids. Les passages successifs de la boucharde sont parallèles les uns aux

1. La sciure de chêne renferme du tanin qui tache les enduits en brun.

autres et on évite qu'ils se chevauchent ou au contraire qu'ils laissent des espaces unis.

Fig. 137

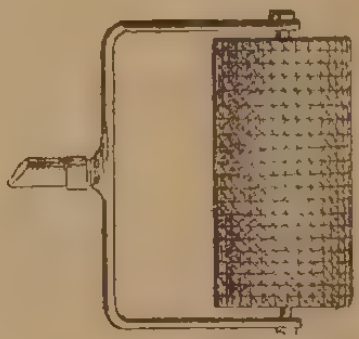


Fig. 138

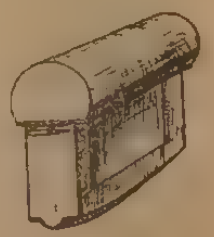


Fig. 139

Joints. — Les joints sont tracés après le bouchardage à l'aide d'un fer à joints (fig. 139) que l'ouvrier fait glisser le long d'une règle.

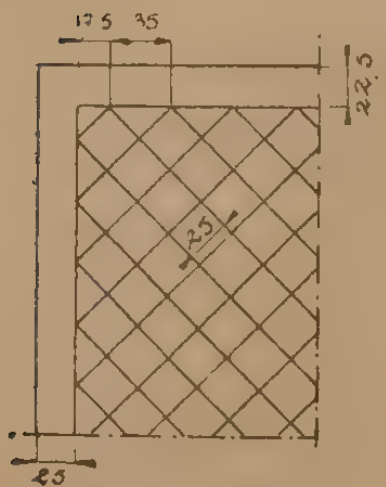



Fig. 140

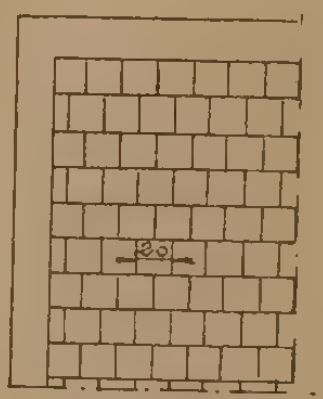



Fig. 141

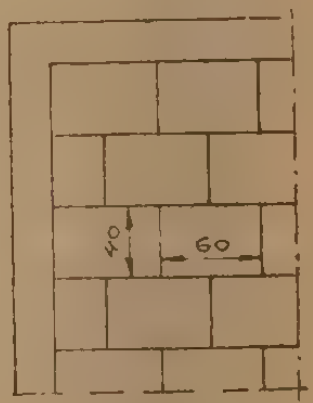



Fig. 142

Les dessins habituels simulent des carreaux, des pavés ou des dalles en pierre (fig. 140, 141, 142).

On laisse au pourtour une bordure d'encadre-

ment unie dont la largeur est déterminée de manière à laisser un nombre entier de carreaux dans chaque sens. Si le dallage n'est pas rectangulaire, on commence la division correctement du côté le plus fréquenté et on l'arrête sur les autres faces d'une manière quelconque.

**Exemple de division en carreaux** (fig. 140). — Soit à diviser une surface rectangulaire de 6 m. 15 de longueur et 3 m. 95 de largeur en carreaux de **0 m. 25 de côté.**

La diagonale du carreau est :

$0{,}25 \times 1{,}41 = 0{,}35.$

La longueur comprendra :

| | | |
|---|---|---|
| 16 carreaux coupés diagonalement soit | $0{,}35 \times 16$ | $= 5{,}60$ |
| 2 demi-carreaux dans les angles | $\frac{0{,}35}{2} \times 2$ | $= 0{,}35$ |
| 2 bordures de 0,25 | $0{,}25 \times 2$ | $= 0{,}50$ |
| Total | | $6{,}45$ |

La largeur comprendra :

| | | |
|---|---|---|
| 9 carreaux coupés diagonalement soit | $0{,}35 \times 9$ | $= 3{,}15$ |
| 2 demi-carreaux dans les angles | $\frac{0{,}35}{2} \times 2$ | $= 0{,}35$ |
| 2 bordures de 0,225 | $0{,}225 \times 2$ | $= 0{,}45$ |
| Total | | $3{,}95$ |

**Enduits-parquets.** — Dans les locaux habités on peut remplacer la chape en ciment par un enduit composé de fibres de bois aggloméré par des ciments spéciaux et dont les propriétés tiennent à la fois de celles du bois et du ciment.

De nombreuses maisons sont spécialisées dans ces produits (Terrazolith, Flexilolith, Doloment, etc..., soit qu'elles livrent les produits prêts à être employés, soit plus souvent qu'elles fassent elles-mêmes l'application.

Il est très important que les surfaces qui recevront ces enduits soient absolument propres et exemptes de chaux et de plâtre.

Ces enduits sont imperméables, lavables, imputrescibles et incombustibles comme le ciment sur lequel ils présentent quelques avantages : ils sont élastiques' rendant ainsi la marche moins pénible ; ils sont bons isolants du froid et du bruit ; ils peuvent être cirés comme un parquet, et leur teinte variable à volonté, du jaune au brun, est d'un aspect satisfaisant.

Le seul inconvénient est leur prix environ triple d'une chape en ciment.

**Résistance des dallages.** — Un dallage établi dans de mauvaises conditions est voué à une destruction rapide. Les précautions les plus élémentaires sont souvent inappliquées par économie ou par ignorance et cela suffit à expliquer la défaveur du dallage en ciment pour les ouvrages extérieurs. Au contraire, un dallage bien établi, au prix d'un léger supplément de travail, dure très longtemps ; seule la chape s'use par le frottement et doit être refaite à des intervalles très éloignés.

**Résistance à l'usure.** — Cette résistance n'est acquise que par la bonne qualité des matériaux et par un dosage élevé en ciment. On l'augmente considérablement par l'emploi de *Carborundum,*

produit obtenu au four électrique par combinaison du carbone et de la silice et dont la dureté est presque égale à celle du diamant.

Pour faire l'application, on saupoudre de cristaux de Carborundum la surface de la chape exécutée de la façon ordinaire, puis on les incruste en appuyant légèrement avec la truelle.

Quand le dallage doit être soumis à une circulation intense, on procède différemment : on confectionne un mortier de ciment et de Carborundum par poids égaux et on applique une couche de 3 à 5 millimètres sur la première chape dont la prise n'est pas encore terminée. Les deux chapes adhèrent parfaitement entre elles ; cependant, il convient de gâcher le mortier assez serré pour que le Carborundum ne pénètre pas dans la masse où il deviendrait inutile.

Par usure de la chape, les cristaux de Carborundum apparaissent en surface, puis font saillie sur le ciment ; à partir de ce stade l'usure par frottement est extrêmement lente.

Il importe de surveiller la qualité du Carborundum employé, qui doit être entièrement cristallisé, calibré et exempt de poussière de façon à s'enchâsser solidement dans le ciment. Si, en effet, les grains se desserti-sent, ils frottent à la surface de l'enduit en accélérant son usure.

Les chapes en Carborundum ne se prêtent ni au bouchardage, ni au traçage de joints.

**Résistance aux efforts extérieurs.** - En principe un dallage doit être établi sur un sol de résistance uniforme, de façon que, transmettant directement

les charges à ce sol, il n'ait pas besoin d'une grande résistance propre. Ce sol idéal se trouve rarement, aussi les dallages se fissurent ils à la longue sous l'effet de charges trop lourdes, de chocs, de vibrations, de tassement du sol, ou encore de sous pression due à l'eau et à des racines d'arbres.

L'effet des chocs est inévitable ; du moins, sur un dallage bien assis, les dégâts sont ils localisés et réparables. Les arêtes vives sont sujettes à recevoir des chocs et on les protège par des fers

Fig. 143

Fig. 144

Fig. 145

Fig. 146

de petit échantillon scellés dans l'épaisseur de la chape.

Le dispositif de la figure 113 est très efficace, mais l'aile supérieure de la cornière se polit et devient glissante. Il convient pour les passages charretiers.

Les dispositifs (fig. 144 et 145), moins glissants, sont employés pour les seuils et les marches.

Le dispositif (fig. 146) est recommandé pour les balcons, trémies de monte charges, paliers d'escaliers, où il empêche la chute d'objets roulant à terre.

**Résistance aux tassements du sol.** — Sur un sol naturel, uniformément tassé, la charge apportée

par la dallage ne dépasse jamais 0 kig. 200 par centimètre carré, ce que la plupart des terrains supportent aisément.

Il n'en va pas de même si le dallage est établi sur un remblai uniforme ou partiel. En particulier, il faut se méfier des trous qui ont été creusés pour les fondations, l'arrachage d'arbres, ou toute autre cause, puis qui ont été comblés et dont on a oublié l'existence.

Un mètre cube de terre mesuré dans la fouille donne par foisonnement :

| Nature des terres | Sans tassement | Après arrosage et pilonnage |
|---|---|---|
| Sable | 1,10 | 1,05 |
| Calcaire tendre | 1,25 | 1,10 |
| Calcaire dur | 1,50 | 1,30 |
| Argile | 1,20 | 1,10 |
| Calcaire argileux | 1,60 | 1,40 |
| Schiste | 1,70 | 1,30 |
| Roc | 1,70 | 1,40 |

Le tableau ci dessus montre que, même après un arrosage et un pilonnage énergique, les terres de remblai ne retrouvent pas leur volume primitif.

Le sable, les roches calcaires et argileuses se tassent dans la suite sous l'action de l'humidité, tandis que les débris de roches dures n'ont à redouter que l'eau courante.

Le cas du sable est assez curieux :

Son foisonnement dépend du degré d'humidité :

le volume du sable sec est inférieur à celui du sable humide, et le volume du sable noyé est inférieur à celui du sable sec. Comme il est impossible de tasser le sable par pilonnage, on voit qu'il n'est pas indifférent de l'employer à un degré d'humidité quelconque. Un remblai humide devant en effet s'affaisser, soit en séchant, soit au contraire en s'imbibant d'eau davantage, il faut donc employer pour le remblai, soit du sable sec, soit du sable complètement saturé d'eau en accompagnant le pilonnage d'un arrosage abondant. Après tassement, ce sable ne foisonne pas de nouveau.

Un mélange bien plein de moellon et de sable ou de mâchefer et de sable, est insensible à l'humidité et pratiquement incompressible. Maintenu sur toute toutes ses faces il peut constituer un remblai de hauteur illimitée.

Avec les autres natures de terrain il faut attendre avant d'exécuter le dallage que le sol ait repris son niveau normal et cela pourra demander plusieurs mois à l'air libre et même ne jamais se produire pour un sol abrité des intempéries. S'il n'y a pas urgence, on attendra qu'un hiver ait passé sur le terrassement.

Il faut bannir du remblai toutes les matières susceptibles de disparaître par décomposition ou par oxydation (bois, boue, ordures, etc...).

**Mode de rupture d'un dallage.** — Le sol fléchissant de façon inégale, il arrive un moment où la pression ne se transmet plus que par des points isolés du terrain A et B (fig. 147). Le dallage chargé entre A et B est soumis à la flexion et

son cas est identique à celui déjà étudié d'une dalle à deux appuis encastrés. Il se manifeste donc des efforts de tension en A, B, C, auxquels le béton est incapable de résister. Des crevasses apparaissent, étroites au point de tassement C et évasées aux points résistants A et B.

Fig. 147

**Procédés pour parer au tassement.** — Un premier moyen consisterait à disposer dans les zones tendues des armatures appropriées (fig. 147). Ignorant à l'avance où se trouveront les points résistants A et B, on devrait armer uniformément toute la dalle sur ses deux faces ce qui conduirait à une dépense inadmissible de métal ; le système pourrait même rester inefficace si la portée A B était trop grande.

On évite cet inconvénient en créant artificiellement des lignes de résistance à l'aide de murettes ou *chantiers* en maçonnerie ou en béton, espacés de 1 m. 50 et descendant jusqu'au bon sol. Le remblai est damé modérément entre les murettes de façon à ne pas créer d'autres points d'appui.

La forme est constituée par une dalle de ciment armé à appuis encastrés sur les murettes qu'on cal-

cule sans tenir compte de la résistance du remblai qui ne fait office que de coffrage. Le dosage est de 300 ou 400 kilogrammes de ciment par mètre cube. Le dallage ainsi exécuté donne toute sécurité mais son prix de revient est élevé à cause des armatures.

Un système plus économique consiste à remplacer la dalle armée par des voûtains en briques ou en béton. L'épaisseur moyenne de la forme est augmentée, mais on ramène le dosage à 200 kilogrammes et on économise les armatures. Le remblai sert de cintre et la courbure cylindrique de l'extrados s'obtient sans difficulté.

On peut encore faire retomber les voûtains sur des piliers isolés (fig. 148). Lors du remblayage, on ménage leur emplacement par un coffrage grossier. On donne au remblai la forme de l'intrados d'une voûte d'arête, ce qui présente quelque difficulté parce que l'usage d'un gabarit est impossible. On coule le béton des piliers puis de la forme. Le coffrage reste dans le remblai mais n'a aucun inconvénient puisqu'on ne compte pas sur la résistance de ce dernier. Par surcroit de précaution, on chaîne les piliers entre eux par des ronds de 15 millimètres noyés dans l'épaisseur du dallage.

Pour comparer ces divers systèmes, il faut tenir compte du prix des matériaux, de la main d'œuvre et des transports. Désavantageux s'il faut amener le remblai de l'extérieur le dernier procédé est intéressant si on a la terre sur place quelle qu'en soit la qualité.

Enfin si la hauteur du remblai atteint 1 m. 50, l'espace sous le dallage devient utilisable et ceci peut décider en faveur de la dalle armée.

La rive d'un dallage à l'extérieur, doit toujours être protégée des tassements, soit par une murette qui empêche l'écoulement des terres, soit par une armature d'encastrement.

Fig. 148

Les joints tracés sur un dallage constituent des lignes de moindre résistance. Ils permettent, sinon d'éviter les fissures du moins de les canaliser : si en effet la dalle tend à fléchir, il se produit de petites fentes suivant plusieurs joints, plutôt qu'une fente unique mais beaucoup plus large qui apparaîtrait sur un dallage uni. Les joints en carreaux (fig. 140) composés de lignes continues

dans deux directions sont à ce point de vue préférables aux autres figures.

**Résistance à la dilatation.** — Dès qu'un dallage exposé au soleil atteint 10 mètres dans sa plus grande dimension, il faut prendre des précautions contre les ruptures dues aux variations de température.

Il semblerait que les premières fissures apparues doivent former joints de dilatation en s'ouvrant et en se fermant suivant la température, mais à la longue elles se remplissent de poussières incompressibles, il se produit de nouvelles fissures et ainsi de suite jusqu'à ruine complète.

On obvie en partie à cette action en coulant le béton par temps froid. On a vu en effet que la résistance du béton est beaucoup plus faible à la traction qu'à la compression. Sa limite de résistance est donc bien plus vite atteinte pour un même écart de température par la contraction due au refroidissement que par la dilatation due à l'échauffement. Ainsi un dallage coulé à + 5° supporte plus facilement un échauffement à + 100° qu'un refroidissement à — 15°.

Pour éviter complètement les effets de la dilatation, il faut créer des joints élastiques indestructibles ;

*a*) On ménage dans la forme des joints de 1,5 centimètres de largeur, espacés de 2 mètres, et remplis d'asphalte en poudre. On couvre le joint par un fer à T de 25 millimètres qui tient toute l'épaisseur de la chape (fig. 149).

Ce procédé excellent comme joint de rupture

contre les effets du tassement, n'est pas très efficace contre la dilatation puisque la chape, partie la plus exposée à la chaleur, s'arc-boute sur un joint incompressible.

*b*) On place de 5 en 5 mètres dans l'épaisseur de la forme, tous les mètres, des bandes parallèles de toile épaisse asphaltée (Mammouth n° 2. Callendrite, etc...) et on trace au fer sur la chape un joint exactement au-dessus de cette toile (fig. 150).

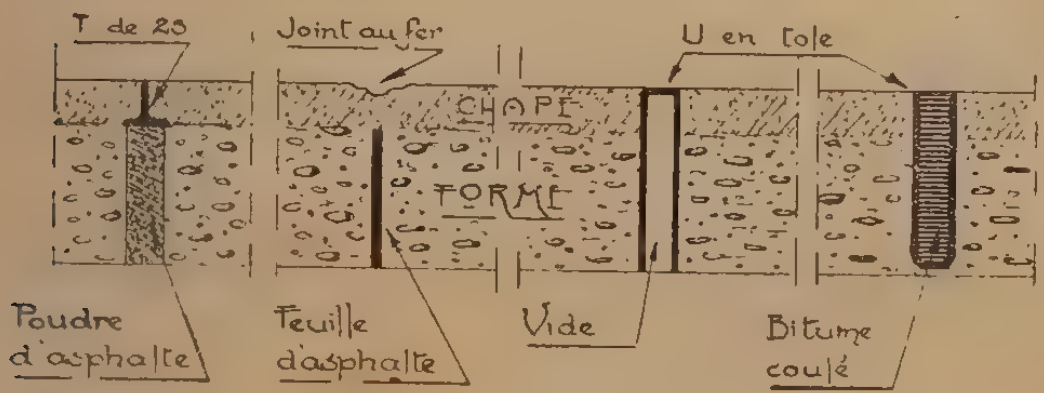



Fig. 149 Fig. 150 Fig. 151 Fig. 152

L'inconvénient est le même que précédemment.

*c*) On place de 4 à 4 mètres des goussets en tôle, vides, dans toute la hauteur du dallage (fig. 151), qui font ressort et suivent le béton dans ses mouvements.

Il y a toutefois deux inconvénients : d'une part la partie supérieure du joint est encore la moins élastique, d'autre part la nervure supérieure arrive à s'user en ruinant complètement le joint.

*d*) On dispose les goussets préalablement remplis de mastic d'asphalte, la face ouverte vers le haut (fig. 152).

Ce joint est le plus efficace, mais son aspect peu satisfaisant.

**Résistance à la gelée.** — La gelée n'est à craindre que pour les dallages exposés à la fois à l'humidité et au froid. On emploie des matériaux de première qualité, convenablement dosés et très fortement comprimés ; on donne une pente de 1 à 3 centimètres par mètre.

Sur un sol imperméable, on établit sous la forme en béton une première forme de gravillon ou de scories de 0 m. 15 d'épaisseur qui assure

Fig. 153

l'écoulement des eaux d'infiltration. Sans cette précaution la gelée pourrait soulever le dallage et accentuer les fissures déjà produites par d'autres causes.

**Réparation des dallages.** — On reconnaît que la chape est usée à l'apparition des gravillons à la surface. Pour faire une nouvelle application on repique la surface de la forme, on arrose vingt-quatre heures à l'avance, on balaye et on applique le mortier comme pour un dallage neuf.

S'il n'existe que des flaches isolées, on démolit seulement la chape à l'entour jusqu'aux endroits où elle a conservé toute son épaisseur et on taille

les rives à vif au ciseau (fig. 153) de façon que l'enduit à appliquer ait partout une épaisseur minimum de 2 centimètres.

Dans certains cas (trottoirs, ateliers, etc...) ; il est impossible d'interrompre la circulation, et on doit refaire le dallage dans de très courts délais. Les ciments spéciaux à haute résistance et à durcissement rapide tels que le ciment fondu sont tout indiqués pour de semblables applications.

**Protection des dallages.** — Un dallage ne doit être livré à la circulation que le plus tard possible ; le délai minimum est de sept jours, mais si rien ne s'y oppose on attendra un mois.

On protège la chape de la pluie par un des procédés déjà indiqué. On entoure tout l'espace enduit d'un garde corps, et les parties encore fraîches de planches et de grillage pour les protéger contre les animaux de petite taille.

Dans le bâtiment on protège le dallage pendant la durée des travaux des autres corps d'état en étendant à la surface une feuille de papier gris recouverte d'une couche de plâtre de 2 centimètres, ou encore en répandant du sable fin de carrière ou de la sciure de bois blanc.

Si la dalle doit servir de support à un enduit-parquet, il est indispensable que le béton soit garanti du contact de la chaux et du plâtre.

**Imperméabilité des dallages.** — Un dallage où l'eau ne coule que par intermitence et en faible quantité, pour le lavage par exemple, est suffisamment imperméable pour que, dans les locaux industriels on ne prenne pas de précautions spé-

ciales. Dans l'habitation, l'étanchéité absolue est nécessaire et on la réalise par un des procédés déjà mentionnés : étanchéité dans la masse s'il n'y a risque ni de tassement ni de dilatation ; étanchéité par chape élastique si ces effets sont à craindre.

**Ecoulement des eaux.** — Il faut prévoir l'écoulement rapide des eaux sur les dallages exposés à la pluie et à des lavages fréquents (abattoirs, lavoirs, garages, etc...).

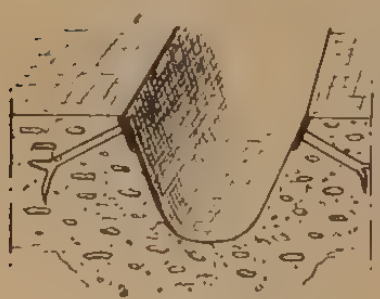


Fig. 154

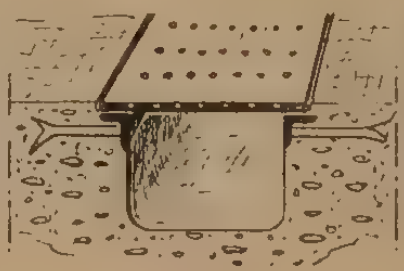


Fig. 155

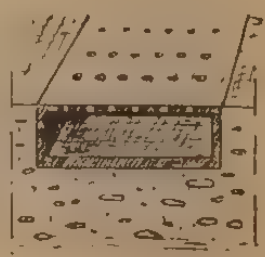


Fig. 156

On donne une pente de 2 centimètres par mètre qui aboutit à une rigole dont le fond est lui-même incliné de 1 centimètre par mètre (fig. 154).

Si on doit circuler au-dessus, on évase largement la rigole ou mieux on la recouvre d'une plaque de tôle striée ou d'une grille (fig. 155).

On établit aussi des conduits avec des briques de grès creuses percées de trous multiples et placées bout à bout (fig. 156). En cas de bris du conduit, ces briques sont remplacées immédiatement, mais la pente ne peut plus comme précédemment être donnée par le fond seul du conduit. Les

engorgements sont empêchés par de fréquentes chasses d'eau.

Quand la surface à drainer est vaste, on prévoit plusieurs rigoles parallèles de façon que la dénivellation maximum du dallage n'excède pas 10 centimètres. On établit ces rigoles le long des passages afin qu'elles puissent être visitées en tout temps, et sur le côté de façon à gêner le moins

Fig. 157

possible la circulation. De plus, les passages se trouvant ainsi aux points bas du dallage, les wagonnets, les voitures, les tonneaux n'ont pas tendance à rouler sous l'effet de la pente.

Pour creuser une rigole, l'ouvrier tient la jauge parallèlement à l'axe de la rigole et balaye le béton en excès en déplaçant la tranche de la règle le long du profil à dresser. Le mouvement n'est possible que grâce à un déplacement simultané de va et vient longitudinal de la règle (fig. 157).

On enduit la paroi intérieure de mortier de ciment riche en même temps qu'on applique la chape du dallage. On lisse avec une taloche cylindrique ou avec une bouteille.

Enfin on préserve les arêtes par des fers plats ou des cornières scellées dans la chape (fig. 154 et 155).

On peut supprimer complètement les rigoles en établissant le dallage en forme de cuvettes (fig. 158 et 159). La surface est divisée en carré de 8 à 10 mètres de côté et dans chacun la pente conduit l'eau à un regard situé au centre et communiquant avec une canalisation souterraine.

L'exécution d'un tel dallage est relativement simple : on dispose les gabarits suivant les côtés du carré et on enfonce un piquet au centre ; on promène la jauge le long des gabarits tout en l'appuyant constamment sur la tête du piquet (fig. 158).

Les passages sont réservés sur les lignes de partage des eaux, c'est-à-dire au point haut du dallage.

**Caniveaux.** — Les caniveaux sont des conduits ouverts plus importants que les rigoles et qui servent à l'écoulement des eaux usées, au passage de transmissions et de canalisations de toute nature ; en cas de fuite de ces canalisations il n'en résulte ni gêne ni danger immédiat.

Pour exécuter un caniveau, on bétonne d'abord le fond sur une épaisseur de 10 centimètres, puis on coffre les parois avec des panneaux assemblés

par des chevrons verticaux et entretoisés par des étrésillons cloués de l'intérieur seulement de façon que le décoffrage en soit plus facile (fig. 161). On

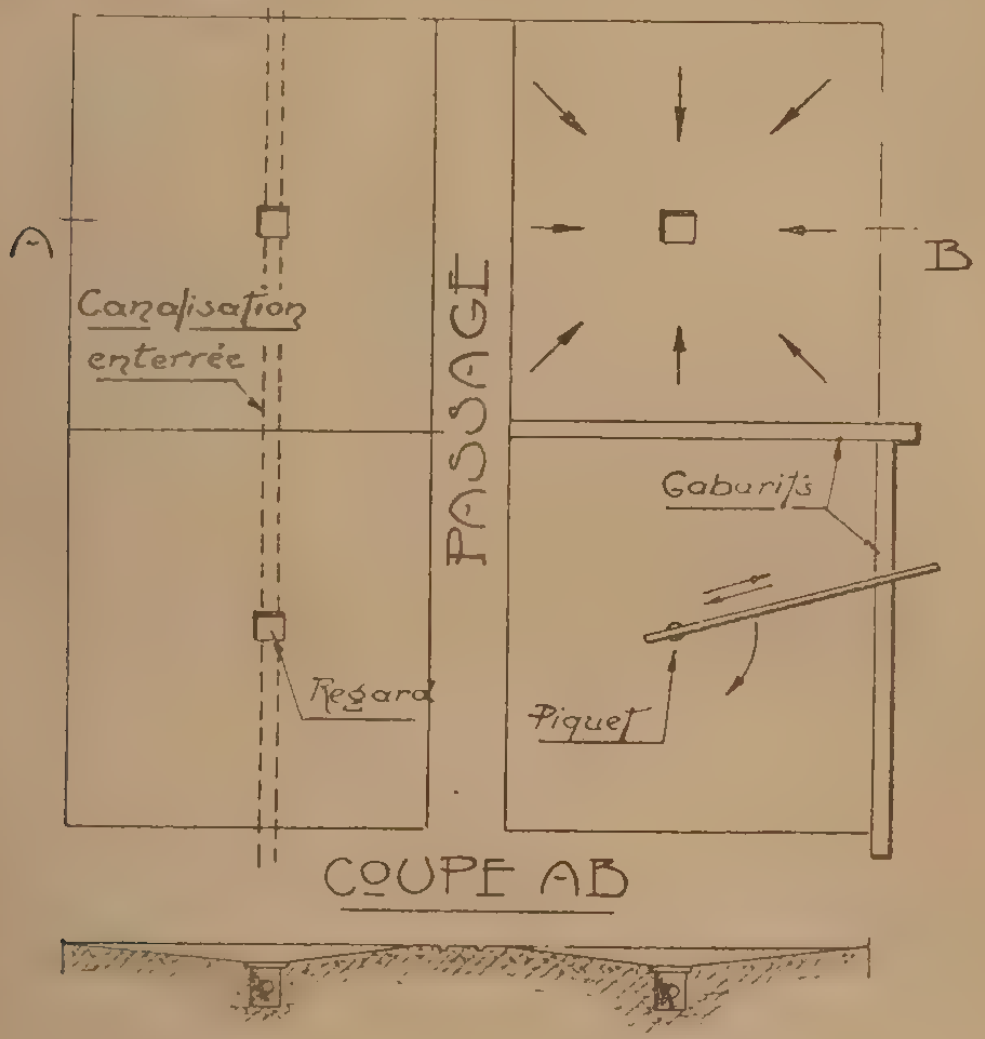



Fig. 158 et 159

coule les côtés jusqu'au niveau de la forme. Lors de l'exécution du dallage, on ménage de chaque côté une feuillure 6 × 6. Enfin on enduit l'intérieur au mortier de ciment et on arrondit les angles (fig. 160).

On couvre le conduit avec des dalles en béton moulées à part, de 6 centimètres d'épaisseur y

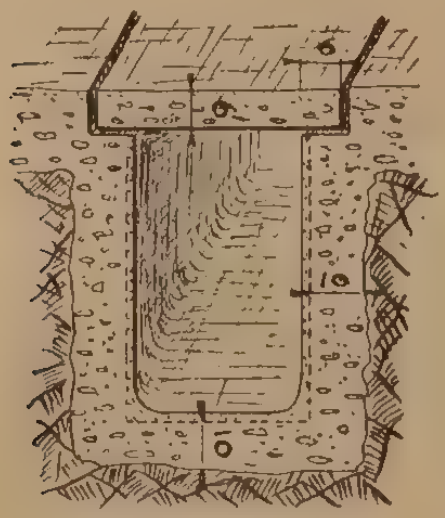


Fig. 160

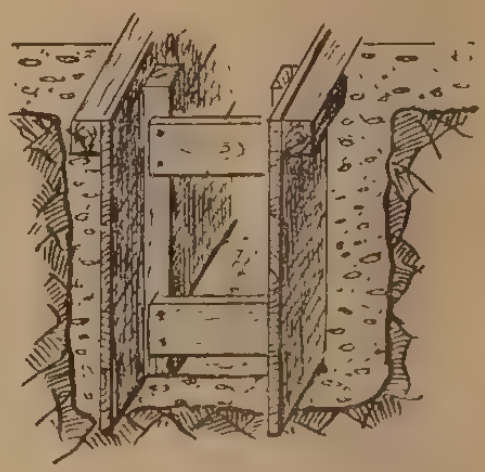


Fig. 161

compris la chape et armées d'un quadrillage de ronds de 6 millimètres ou d'une feuille de métal déployé.

Fig. 162

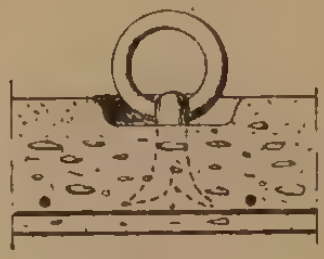


Fig. 163

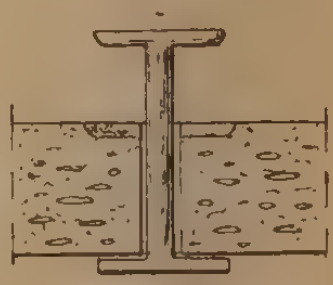


Fig. 164

Chaque élément ne doit pas dépasser une surface de 0,3 mètre-carré, le poids d'une telle dalle étant déjà de 65 kilogrammes. Pour faciliter leur déplacement on réserve des trous, ou on scelle des anneaux ou des T (fig. 162, 163, 164).

**Conduites enterrées.** — Les conduites enterrées sont indispensables dans le cas de liquide malodorant ou dangereux. Elles sont difficiles à nettoyer, aussi doit-on prendre certaines précautions

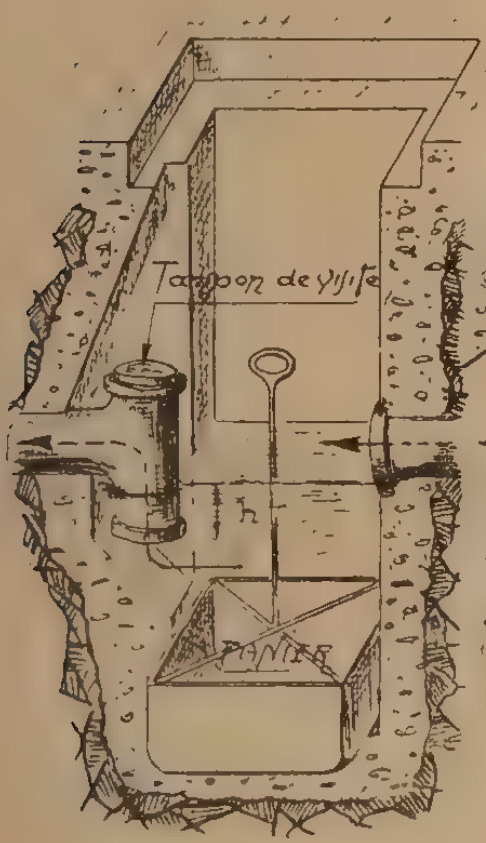



Fig. 165

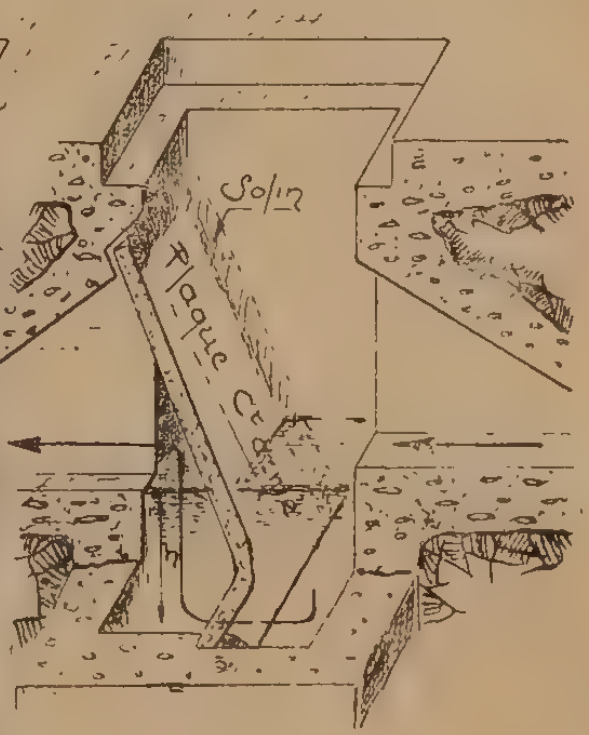



Fig. 166

quand la pente est faible et quand le liquide donne de forts dépôts.

Pour faciliter la visite, on ménage des regards tous les 5 mètres et on évase l'orifice des conduits de façon à permettre l'introduction par le regard d'une sonde de nettoyage (fig. 166). Les changements de direction au-dessous de 30° sont

progressifs et les coudes plus forts sont munis de regards.

**Regards et siphons.** — Les regards sont exécutés de la même façon que les caniveaux.

Le fond est en contre-bas de la conduite et les dépôts lourds s'accumulent dans un panier métallique que l'on vide de temps en temps (fig. 165).

Les siphons ont pour but d'empêcher les gaz ou la vapeur de remonter dans les conduites et de retenir les corps flottants. Ils peuvent s'établir de très nombreuses manières, mais il ne faut pas perdre de vue que, sujets à s'engorger ils doivent être facilement visitables (fig. 165 et 166). La garde d'eau *h* doit être suffisante pour que, par évaporation le niveau ne puisse descendre au-dessous du siphon.

## MOELLONS ARTIFICIELS

Les moellons artificiels sont des agglomérés de béton obtenus par moulage, qui concurrencent avec succès la brique, le moellon et la pierre de taille grâce à leur bas prix de revient et à leur mise en œuvre extrêmement rapide.

On les appelle encore *agglomérés*, *parpaings* et *moellons factices*. Le terme parpaing très répandu est assez impropre ; il désigne dans la maçonnerie tout bloc d'un matériau quelconque qui traverse l'épaisseur entière du mur. L'appellation de *pierre artificielle* est réservée aux blocs qui imitent la pierre de taille.

Les qualités idéales à rechercher pour les ag-

glomérés sont nombreuses et malheureusement impossibles à réunir toutes dans un même produit de sorte que la fabrication dépend essentiellement de l'usage auquel on le destine.

**Economie.** — L'économie réalisée en trichant sur la qualité et sur le dosage des matériaux est d'un effet déplorable ; on se rendra vite compte que des agglomérés de mauvaise qualité donnent un déchet considérable à la mise en œuvre et qu'ils provoquent de sérieux déboires. L'économie ne doit être recherchée que par une organisation méthodique de la production comme il va être exposé.

**Résistance.** — La résistance des agglomérés dépend de la qualité des matières premières, du dosage du liant, du mode de préparation du béton, du degré de compression au moulage et enfin de la bonne marche de la prise.

On reconnaîtra l'avantage de satisfaire convenablement ces dernières conditions en remarquant qu'un dosage de 150 kilogrammes de ciment par mètre cube pour des agglomérés bien préparés donne des produits supérieurs à un dosage double dans des conditions défectueuses de fabrication.

Le choix des matières premières est une question d'espèce et leur prix ne suit pas forcément leur qualité : le mauvais sable peut être très cher là où le mâchefer excellent est gratuit.

Il ne faut pas confondre la résistance à l'écrasement, la plus intéressante, avec la résistance au choc toujours faible dans les agglomérés creux.

Les meilleurs produits sont brisés d'un léger coup de marteau, mais ceci montre simplement qu'il faut prendre quelques précautions dans les transports et ne pas les employer quand les chocs violents sont à redouter (écurie, remise, etc...). D'ailleurs, le moellon une fois bloqué dans le mur est beaucoup moins fragile qu'avant la pose.

La dureté du béton, au contraire, croît avec la résistance à la compression, aussi reconnaît-on la bonne qualité des agglomérés à ce que les arêtes sont vives, qu'on ne peut les épaufrer à la main, ni rayer la surface de parement avec une baguette de chêne.

**Hygiène.** — On reproche couramment aux agglomérés de ne protéger que médiocrement du froid et de l'humidité.

Nous avons précédemment montré que l'imperméabilité du béton peut s'acquérir économiquement par un dosage scrupuleux de matériaux de grain convenable sans augmentation de la proportion de ciment, aussi, dans une fabrication où les matières premières sont toujours identiques, est-il capital de faire une fois pour toutes la recherche des proportions et du degré de finesse des matériaux qui donneront le béton le plus compact, par conséquent le plus imperméable et le plus résistant pour un prix de revient minimum. Ces essais demandent une certaine habitude, mais la plupart des constructeurs de matériel acceptent de les faire gratuitement pour leurs clients.

Le béton le meilleur est moins compact que la bonne brique et que la pierre dure. Un mur

plein en béton de 0 m. 50 d'épaisseur est encore trop perméable pour clore convenablement une habitation. On le rend sain par l'application extérieure d'un enduit lissé ou moucheté, mais se faisant on augmente notablement son prix de revient.

Certaines machines moulent sans surcroît de main-d'œuvre des agglomérés dont le parement extérieur est revêtu d'une couche lisse de mortier qui fait office d'enduit. L'imperméabilité est cependant loin de valoir celle d'un enduit appliqué après coup.

Le froid a un mode de propagation tout différent de l'humidité. On a coutume de dire que certains matériaux sont plus froids que d'autres, quoique aucun d'eux n'engendre de la chaleur. Il existe seulement des matériaux plus isolants c'est-à-dire plus résistants aux échanges de température entre les deux parois du mur, donc plus chaud en hiver et plus froid en été. Ce n'est malheureusement pas le cas du béton, meilleur conducteur que la brique et que la pierre à bâtir.

Un autre inconvénient issu du précédent, des matériaux bons conducteurs, est qu'en hiver, à l'intérieur, la vapeur se condense sur les murs froids, où elle est surtout apparente sur les surfaces peintes à l'huile. Cette humidité ne provient donc pas, comme on pourrait le croire, d'eau qui a traversé le mur mais elle n'en est pas moins désagréable.

Le béton de mâchefer est assez bon isolant du froid, grâce à la proportion importante de

vides qui reste dans la masse. Toutefois un béton vide est une véritable éponge qui n'offre aucun obstacle au passage de l'eau.

On fabrique actuellement presque uniquement des agglomérés creux dont les avantages sont les suivants :

*a*) L'économie de 1/5 environ des matériaux est très appréciable sur de grosses quantités. Elle ne nuit pas à la résistance parce que, même avec leur section réduite, les moellons ne travaillent jamais à un taux de compression dangereux ;

*b*) La diminution de densité permet d'augmenter le volume des unités sans nuire à la facilité de manutention et de mise en œuvre ;

*c*) La conductibilité est considérablement diminuée puisque le mur se compose en quelque sorte de cloisons séparées par un matelas d'air *immobile* très mauvais conducteur. Les nervures qui les relient sont les seules parties où le froid puisse passer, aussi a-t-on cherché par divers artifices à en diminuer l'importance ;

*d*) Les vides intérieurs peuvent être mis à contribution pour combattre l'humidité. En laissant libre communication aux vides dans le sens vertical, et en débouchant à l'air libre les extrémités des cheminées ainsi formées, l'air circule constamment de bas en haut à la faveur de la différence de température des deux parois et le séchage du mur est rapide. Malheureusement la protection contre le froid n'est plus assurée.

La meilleure utilisation des agglomérés consiste à lutter contre le froid à l'aide des vides et

contre l'humidité par la compacité du béton et par les enduits extérieurs.

Matières premières. — Les matériaux employés pour la confection des agglomérés sont :

*a*) Le gravier de rivière qui donne des bétons d'excellente qualité mais relativement coûteux ;

*b*) Le gravier de carrière dont la qualité est très variable ;

*c*) La pierre concassée qu'on trouve souvent à bon compte comme sous-produit de concassage de cailloux ;

*d*) Le mâchefer, matériau bon marché et excellent s'il ne contient ni charbon ni limaille métallique (cause de taches sur les enduits) ;

*e*) Les briquaillons, les démolitions, les laitiers de hauts fourneaux, tous excellents matériaux ;

*f*) Le sable qui est nécessaire, quel que soit le mélange adopté pour donner de la compacité au béton.

Les liants employés sont :

*a*) Le ciment artificiel qui donne les meilleurs produits mais aussi les plus chers ;

*b*) Le ciment naturel qui ne doit pas être à prise trop rapide ;

*c*) La chaux hydraulique qui donne d'excellent béton, mais qui allonge la période de durcissement en retardant d'autant la mise en œuvre.

Le ciment de laitier est à proscrire complètement pour la maçonnerie en élévation.

**Dosages.** — Les dosages habituels sont :

| Matériaux inertes : | | Liants |
|---|---|---|
| 1.000 litres gravier et sable mélangés | | 400 kgr. chaux hydraulique |
| ou | | ou |
| 800 litres gravillon.<br>400 litres sable. | pour | 200 kgr. ciment naturel |
| ou | | ou |
| 800 litres mâchefer.<br>400 litres sable. | | 180 kgr ciment artificiel. |

Le béton est à peine humecté sinon les agglomérés s'effondrent au démoulage ; serrée dans la main, une poignée de béton doit conserver sa forme et pouvoir être posée sans se briser.

**Fabrication du béton.** — Le malaxage doit être spécialement soigné et ce n'est qu'à ce prix que les dosages ci-dessus indiqués sont suffisants.

Les grains de grosseur supérieure à 2 centimètres doivent être broyés. En particulier quand on se contente de passer le mâchefer au crible et de n'employer que les fines, on rejette précisément les parties les plus dures qui donnent le meilleur béton.

Il existe de nombreux types de broyeurs qui fonctionnent à bras ou mécaniquement et pour le cas spécial qui nous occupe, on construit des *broyeurs-malaxeurs* qui effectuent à la fois le broyage, le mélange, et même pour certains, le dosage des matériaux et l'arrosage automatique.

**Principe des machines à agglomérer.** — Une ma-

chine à agglomérer se compose d'un moule métallique rectangulaire, sans couvercle et dont deux côtés au moins peuvent se rabattre ou s'ouvrir latéralement.

Le moule est rempli à la main par la face supérieure restée libre. Selon les machines, le pilonnage est effectué soit avec un fouloir mû à la main, à l'électricité ou à l'air comprimé, soit avec un couvercle sur lequel on agit par battage, par

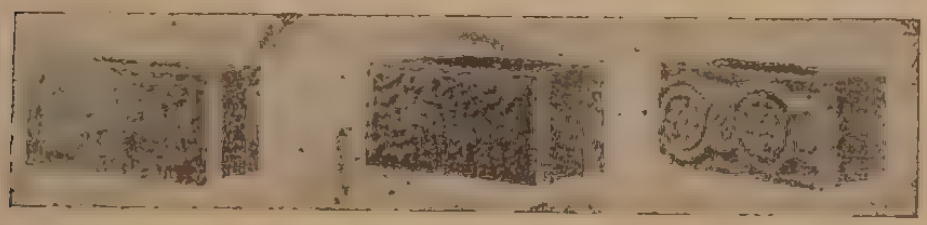


Fig. 167 Fig. 168 Fig. 169

serrage avec un levier, avec une presse hydraulique ou avec une presse à vis.

Le rendement de ces presses est bien supérieur aux appareils à pilonnage à main, mais la compression est moins uniforme. Si la course du mécanisme de serrage est limitée, il faut craindre l'insuffisance de compression quand le moule n'a pas été assez rempli. Dans le cas contraire, la hauteur du moellon n'est plus invariablement fixée. Il en résulte que dans les presses à noyaux verticaux, les moellons n'ont pas strictement même hauteur d'assise et que dans les presses à noyaux horizontaux c'est l'épaisseur des murs qui varie légèrement. Si par suite de l'inexpérience des

ouvriers, ce défaut était exagéré il faudrait dans le premier cas trier les moellons pour chaque assise de mur et dans le second les réserver pour les murs enduits.

Toutes les machines possèdent un jeu de panneaux à reliefs pour ornementer par le moulage un ou deux parements de l'aggloméré (fig. 167-168-169). Certaines permettent encore de mouler des pierres d'angle, des corniches, des bandeaux, etc...

**Machines à noyaux verticaux.** — Dans ces appareils, toutes les parties du moule sont accessibles avec le fouloir et dans les presses, on peut tasser la matière uniformément si le remplissage a été fait bien également. Quand les noyaux s'éclipsent vers le bas, le béton n'a pas tendance à se désagréger puisqu'aucune partie n'est en porte-à-faux. Si on veut conserver le moellon dans la position du moulage, il faut le transporter sur la plaque de fond du moule qui est percée de trous pour le passage des noyaux. Ceci augmente notablement le prix de l'installation parce que le nombre des plaques nécessaires est au moins égal à la production journalière de la machine. On tourne cette difficulté en renversant le moellon sur une planchette de bois, à l'aide d'un dispositif approprié, mais cette manœuvre est toujours délicate avec des moellons dont la cohésion est encore très faible.

Dans certaines machines, les noyaux sont retirés par le haut tandis que la matière est retenue par un *peigne*. Les planchettes de bois sont intro-

duites au fond du coffre et il n'est plus nécessaire de renverser le moellon. Par contre, le bâti placé au-dessus du moule constitue une gêne pour le remplissage et le pilonnage.

Pendant le moulage, le parement du moellon se trouve sur le côté et on n'est sûr de sa réussite qu'après l'opération terminée. Si ce parement est fait d'un produit spécial, il est assez difficile d'em-

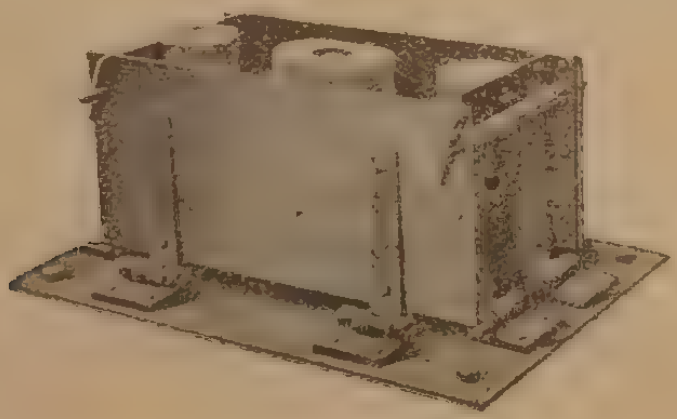


Fig. 170

pêcher son mélange avec le béton sans en employer de notables quantités.

Le *moule Campistrou* (fig. 170) est une boîte en tôle d'acier à noyau vertical qu'on retire à la main par le dessus. Le pilonnage est fait à bras. La production horaire est de 20 moellons de dimensions $0{,}40 \times 0{,}20 \times 0{,}22$.

La *mouleuse U. A.* est une petite machine qui résout le problème du démoulage d'une façon très originale : légère, montée sur roues, elle se déplace et dépose les moellons alignés sur le sol sans le secours de plaque de fond. Les risques de casse

dans le transport sont supprimés mais le sol doit être parfaitement de niveau.

La *machine Allur* (fig. 171) est à pilonnage à bras. La manœuvre des flasques et des noyaux verticaux est faite par un même levier muni d'un

Fig. 171

ressort équilibreur. Le cadre est extensible de façon à mouler des moellons plein ou creux de dimensions variant de 0 m. 15 à 0 m. 30 de largeur, 0 m. 40 à 0 m. 80 de largeur, et d'épaisseur 0 m. 25. Il est possible de faire à la fois plusieurs moellons de petite dimension.

Les modèles de panneaux ornementés sont très variés. Quand le parement est en mortier spécial,

on glisse dans le moule une cloison en tôle et on pilonne d'un côté le béton et de l'autre le mortier, La tôle est soulevée à mesure du remplissage du moule.

On tourne la difficulté signalée plus haut en renversant la pierre sur le côté à l'aide d'un appareil appelé *Speed* et en la redressant après avoir remplacé la plaque de fond par une planchette de bois.

La *presse Pax* est à compression mécanique par

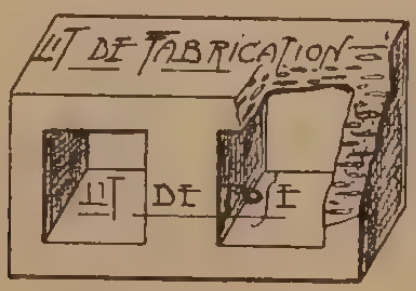



Fig. 172

volant. Elle possède trois moules montés sur revolver à axe vertical. Trois ouvriers travaillent à la fois : l'un au remplissage, un autre à la compression, le dernier au démoulage. Le débit horaire de la machine est de 90 blocs de dimensions $0{,}50 \times 0{,}25 \times 0{,}20$ quand elle fonctionne à bras et de 140 blocs quand elle fonctionne au moteur.

**Machines à noyaux horizontaux.** — Il est plus difficile dans ces machines de pilonner convenablement le béton sous les noyaux. Au démoulage, la voûte formée au dessus des vides laissés par les noyaux est fragile surtout quand les matériaux

sont fins ou trop humides. L'addition de mâchefer au béton supprime cet ennui.

On remarque encore que le moellon est mis en œuvre en *délit*, c'est-à-dire que le lit de pose est perpendiculaire au lit de fabrication (fig. 172). Si on ne disposait comme matériau que de galets exceptionnellement plats, on conçoit que dans cette

Fig. 173

position le moellon présenterait des plans de clivage verticaux qui diminuerait notablement la résistance à l'écrasement, mais ce cas excepté, il n'y a pas lieu de condamner ces machines qui rachètent ce léger inconvénient par quelques sérieux avantages.

La plaque de fond métallique est remplacée par une planchette sur laquelle on emporte directement le moellon. Le parement vu se trouve à

volonté au-dessus et au-dessous. Le premier cas est préférable parce qu'on peut le surveiller pendant sa confection

La *machine Zondervan* (fig. 173) à pilonnage à bras est à noyau horizontal manœuvré par un levier. Au démoulage les flasques se rabattent

Fig. 174

et le moellon est basculé sur son lit de pose. Le parement est en-dessous. Les figures 167, 168, 169 donnent quelques aspects des moellons ornementés moulés avec cette machine.

La production horaire est de 20 moellons de dimensions 0.40 × 0,20 × 0,20.

La *presse Bonnet* (fig. 174) est à noyaux horizontaux et à compression par choc. Le fond du

moule étant rempli, on pousse un levier qui fait descendre le bâti en comprimant le béton placé sous les noyaux. On remplit alors complètement le moule et on comprime en battant avec le couvercle. Le parement se trouve à volonté en dessous ou en dessus ; dans ce dernier cas la plaque ornementée forme battoir.

Le débit horaire de la machine est de 40 moellons de dimensions 0,40 × 0,20 × 0,22. La longueur peut être portée à 0 m. 50.

**Types d'agglomérés.** — L'aggloméré le plus courant a 0 m. 40 de longueur, 0 m. 20 de largeur et 0 m. 20 à 0 m. 23 de hauteur d'assise. Cette dernière dimension correspond à trois assises de briques de façon qu'on puisse enchevêtrer les deux maçonneries. La brique a 5,5 à 6,5 d'épaisseur et le joint 0,7 à 1 centimètre.

La largeur de 0,20 est un minimum pour les habitations. Avec les enduits aux deux faces le mur a 0 m. 25 ce qui donne aux ouvertures une largeur de tableau de 0 m. 20 suffisante pour loger les persiennes.

Le poids d'un tel moellon varie de 19 à 25 kilogrammes selon la proportion de mâchefer et il en va 12 au mètre carré. Les moellons plus volumineux ne sont recommandés que jusqu'au niveau de rez-de-chaussée à cause de leur manutention plus difficile.

L'aggloméré maigre de mâchefer et de ciment est réservé pour les murs intérieurs et pour les cloisons légères. Il est possible d'y enfoncer des clous et les enduits y adhèrent convenablement.

Les agglomérés de 0 m. 06 à 0 m. 15 d'épaisseur sont employés pour les cloisons et les clôtures. Aux murs de 0 m. 10 au minimum, il est possible de faire porter des charges réparties (solivage) mais jamais de charges concentrées (poutres, poteaux) à moins d'employer l'artifice décrit plus loin à propos des chaînages.

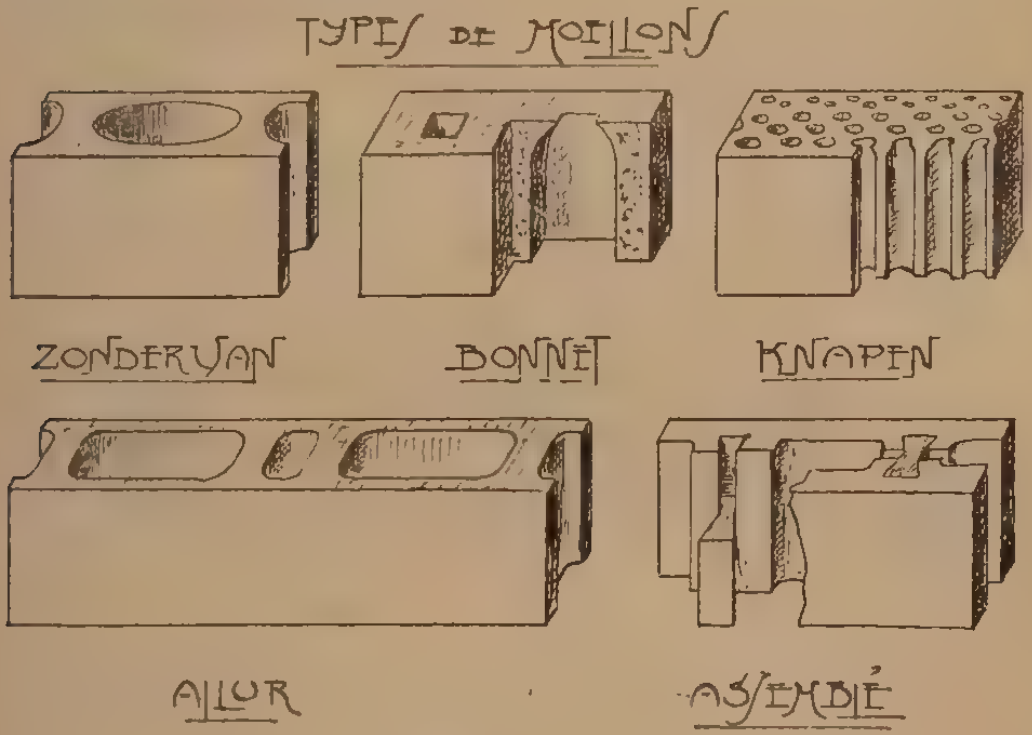



Fig. 175 à 179

Les briques de béton sont moulées par des presses spéciales qui en débitent jusqu'à 10 à la fois. Ce genre de matériau n'a pas grand intérêt parce qu'il est moins sain et plus cher de fabrication et de mise en œuvre que le moellon creux. Il trouve son application en petite quantité en association avec celui-ci pour former les raccords, les surfaces courbes ou tourmentées.

Le *moellon Bonnet* a ses vides rétrécis à l'extrémité supérieure de façon à donner une assise plus large pour la pose du mortier. C'est qu'en effet, pendant la montée du mur il tombe une partie du mortier, qui va obstruer les vides des assises inférieures (fig. 176).

La *brique Alvar* est un aggloméré en forme de Z qui peut par combinaisons former des murs pleins ou creux. L'avantage réside dans la facilité d'emmagasinage et de transport avec le minimum de place occupée.

Le *moellon Knapen* (fig. 177) présente une disposition nouvelle des vides : le parement extérieur plus compact s'oppose davantage à la pénétration de l'eau tandis que les vides qui ne communiquent pas entre eux empêchent la convection de l'air, facteur principal du refroidissement.

Toujours dans un but d'hygiène, il a été créé divers types de *moellons assemblés* (fig. 179) dont les deux parements sont formés d'éléments plats reliés par des entretoises en matière spéciale compacte et isolante. La résistance au froid est assurée par les vides et celle à l'humidité par l'imperméabilité absolue des cloisonnements. Si efficace que soit le procédé, il est douteux qu'il soit économique.

**Murs système S. B. M.** (fig. 180). — Ce procédé d'origine anglaise consiste à couler le mur creux sur place à l'aide d'un moule de petite dimension analogue à une machine à agglomérés et qu'on déplace au fur et à mesure de l'avancement du travail.

Le moule se compose de quatre flasques métalliques parallèles et articulés qui coffrent les parois intérieures et extérieures du mur à construire. Les flasques recouvrent de quelques centimètres l'assise inférieure du mur qui sert de guide.

L'ouvrier remplit le moule d'un béton très sec qu'il pilonne vigoureusement puis il manœuvre

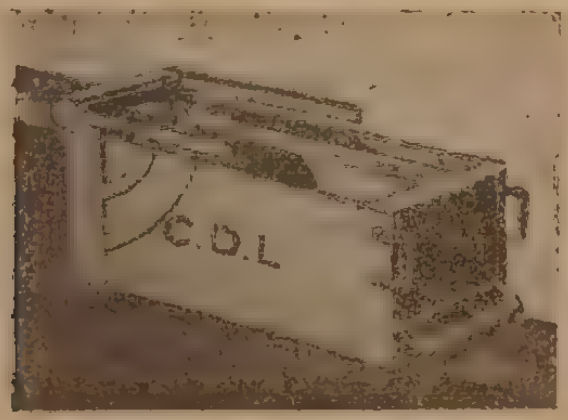



Fig. 180

un levier qui décolle les flasques sans dommage pour les parois et il fait rouler le moule un peu plus loin où il recommence l'opération. Il est donc possible de faire ainsi toute une assise d'un seul tenant à la seule condition que l'assise inférieure soit assez dure pour supporter le poids du moule.

Ce système présente quelques avantages intéressants :

Les manipulations de matériaux sont réduites au minimum, d'où il résulte une économie de main-d'œuvre et de matières premières.

Les cloisons transversales, voie habituelle de

l'humidité, sont réduites au nombre strictement nécessaire pour la solidité du mur et peuvent même être remplacées par des agrafes métalliques.

Il est possible d'employer un béton différent pour les deux parois : riche à l'extérieur pour l'imperméabilité, maigre à l'intérieur pour faciliter les scellements et l'adhérence des enduits.

Par contre l'aspect du mur est peu satisfaisant et nécessite un enduit ; les saillies et les parements ornementés sont impossibles à réaliser. Enfin, pour que le travail soit continu, il faut que le développement des murs soit au moins égal au rendement d'une machine avec deux hommes dans une journée, soit environ 30 mètres linéaires pour dix heures de travail. Le procédé est d'une rapidité sans égale pour les murs où les ouvertures et les décrochements sont peu nombreux.

**Soins aux agglomérés.** — Au sortir de la machine, on transporte les agglomérés à bras ou sur une brouette à plate-forme en évitant les chocs et les vibrations. On les dépose sur le sol en les classant par âge et par nature.

Le sol peut être quelconque sauf en bois trop sujet aux vibrations et à la pourriture.

Après quelques heures la prise est suffisante pour qu'on puisse arroser les moellons d'abord légèrement, puis très abondamment. Il est capital d'entretenir une humidité constante pendant les trois premiers jours, puis d'arroser deux fois par jour pendant cinq jours encore.

L'eau pénètre d'autant plus difficilement que le béton est plus compact et elle ne traverse pas le

parement en mortier fin, aussi faut-il orienter les moellons pour que l'arrosage les atteigne par une face plus perméable.

La prise se fait dans les meilleures conditions si dès le deuxième jour les agglomérés peuvent être mis à baigner dans une mince couche d'eau.

Un artifice parfois utile consiste pour économiser l'eau à placer sur le moellon un récipient de 1 à 2 litres percé d'un très petit trou et qu'on remplit plusieurs fois par jour en changeant chaque fois la face arrosée.

On stocke les agglomérés en les empilant sur une hauteur quelconque et en les enchevêtrant. Il est essentiel de veiller à ce que la rangée inférieure soit bien assise sur un sol résistant. Sur le sol naturel, la pluie et le poids des matériaux produisent des tassements qui brisent les agglomérés.

Pour le transport, les moellons sont placés sur leur lit de pose, enchevêtrés et calés sur les côtés par de la paille.

Les moellons de ciment peuvent être mis en œuvre quinze jours après le moulage et les moellons de chaux hydraulique un mois.

**Pierres artificielles.** — En plus des moellons parallélipipèdes, on emploie dans la construction des pierres diverses : appuis, corniches marches, consoles, balustres, etc., qu'il est également possible d'obtenir par moulage.

On confectionne un coffre démontable de formes et de dimensions appropriées à la pièce à mouler et où les vides sont ménagés par des noyaux

rapportés en métal, en bois, en ciment ou en plâtre. Le coffre lui-même est en bois ou en tôle et l'exécution en sera d'autant plus soignée qu'il devra servir un plus grand nombre de fois.

L'inconvénient de ces sortes de moules est la difficulté d'y comprimer énergiquement le béton d'où la nécessité d'attendre la prise avant le démoulage. Il ne faut donc plus hésiter à mouiller suffisamment le béton pour avoir une bonne prise. On peut accroître le débit en employant du ciment prompt qui supporte le démoulage beaucoup plus tôt que le ciment artificiel. La teinte du ciment prompt se rapproche assez de celle de la pierre et ce ciment peut être employé en parement, mais lorsqu'on adopte le ciment blanc, il est préférable de mouler la masse en béton de ciment Portland.

Si la pièce est petite, on se sert du coffre d'une machine ordinaire à agglomérer ; la compression étant alors plus énergique, on peut avec quelques précautions démouler immédiatement les pierres les plus compliquées. La machine Allur en particulier possède un jeu de panneaux et de noyaux très variés qui permettent la confection de toutes sortes de pierres, même des claveaux appareillés.

**Exemple : Moulage d'un appui de croisée.** — Il s'agit de confectionner un moule extensible en longueur et en largeur et qui donne, bruts de décoffrage, les parements sur toutes les faces, la pente, le larmier, les moulures et les retours de moulures.

Le coffre rectangulaire (fig. 181) est en plan-

ches de 5 centimètres d'épaisseur, rabotées et solidement assemblées par des traverses. Deux

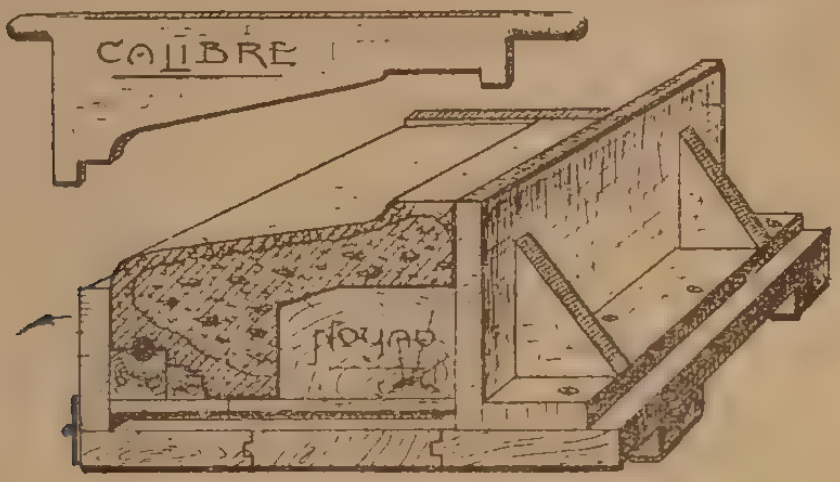



Fig. 181

faces latérales sont montées sur charnières. Les deux autres sont fixées sur un plateau mobile à l'aide d'équerres en bois. Selon la longueur et la

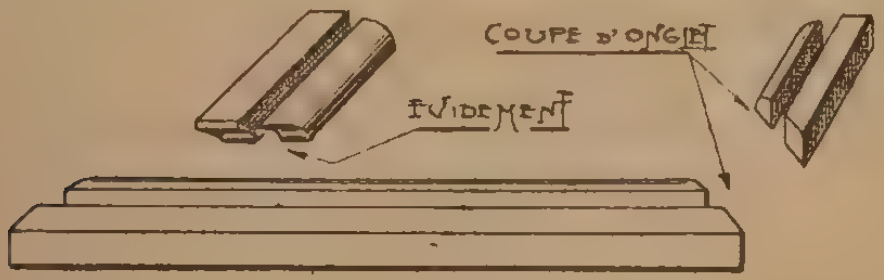



Fig. 182

largeur de l'appui à mouler, on avance ou on recule les faces et on les fixe solidement au plateau avec des vis.

Il est indispensable de placer au fond du coffre

un deuxième plateau qui servira à emporter la pièce dès que la prise sera suffisante.

Les moulures sont coffrées par des pièces de bois de profil convenable et disposées de telle façon qu'elles soient maintenues en place par la seule pression du béton afin qu'on puisse les extraire par décoffrage tangent, sans danger pour la pièce malgré une légère adhérence.

Les retours de moulures à une extrémité du moule sont ménagés par des baguettes coupées d'onglet, tandis qu'à l'autre extrémité, les baguettes sont évidées pour coulisser librement sur celles longitudinales afin qu'on puisse faire varier la longueur du moule sans avoir à les remplacer (fig. 182).

Toutes les parties du moule au contact du béton sont rabotées, poncées, et passées au vernis, à l'huile minérale chaude ou au savon gras.

Pour remplir le moule, on applique une couche de 4 centimètres de mortier composé de : 450 kilogrammes de ciment blanc pour 1 mètre-cube de sable de verrier ou de pierre broyée sur toutes les faces à parement et on serre énergiquement avec la main gantée de caoutchouc.

On bourre derrière du béton à 300 kilogrammes de ciment artificiel gâché serré. On pilonne avec précaution pour ne pas faire pénétrer les gravillons jusqu'au coffrage au travers de l'enduit du parement. On applique une nouvelle couche d'enduit sur la face supérieure qu'on égalise avec un calibre et qu'on comprime à la truelle (fig. 181).

Après quelques heures, on rabat les faces latérales à charnières et on emporte la pièce sur le plateau. Après vingt-quatre heures, on la dresse sur la face sans parement et on décoffre tangentiellement baguettes et noyaux après les avoir ébranlés par quelques petits coups frappés en bout.

Si la baguette qui coffre le coupe-larmes ne se dégage pas d'elle-même, on la laisse encore pendant plusieurs jours ce qui oblige à en prévoir de rechange. Les figures 183, 184, 185 donnent

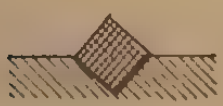


Fig. 183

Fig. 184

Fig. 185

plusieurs manières de fixer cette baguette de façon qu'elle soit maintenue en dépouille sans le secours de clous ni de vis.

On peut reprocher à ce mode de fabrication le poids important des objets moulés. On allège beaucoup la pièce en l'évidant par un noyau (fig. 181), mais il est alors nécessaire d'armer de treillis métallique.

Il est d'usage courant de ficher les appuis en montant le mur et de les encastrer sous les piédroits des baies. Cette pratique présente deux graves inconvénients : d'abord on risque de briser la pierre par choc ou par chute de matériaux, ensuite, le poids de la maçonnerie reporté sur les

piédroits produit un effort de flexion que la pierre est incapable de supporter.

Avec les appuis en béton on peut empêcher tout accident en armant la face supérieure avec des fers longitudinaux. Mais il est encore préférable de ne ficher les appuis que lors de l'enlèvement de l'échafaudage. Ceux-ci ne sont pas engagés dans la maçonnerie, mais portent des oreillons en sail-

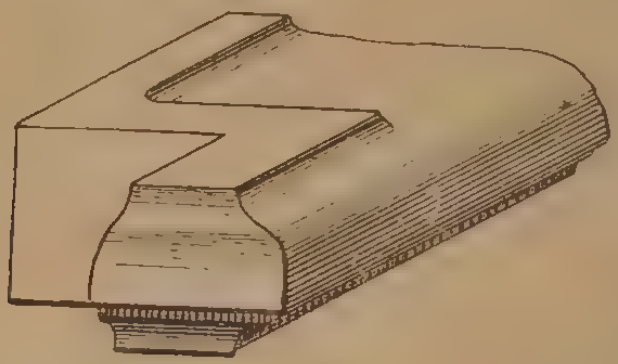


Fig. 186

lie sur les piédroits qui font croire à un encastrement (fig. 186).

**Moule en ciment.** — Le moule en ciment est préférable au moule en bois quand on possède déjà un modèle des pièces à exécuter ou quand les formes sont assez tourmentées.

Pour confectionner le moule, on construit d'abord en plâtre ou en maçonnerie de briques creuses et plâtre le modèle à reproduire ; on le laisse sécher et on badigeonne à l'huile minérale chaude.

On détermine les lignes de joints qui sépareront le moule en plusieurs parties. Ce problème com-

porte toujours plusieurs solutions, mais d'inégale valeur. Les avantages à rechercher sont :

*a*) Le minimum de pièces du moule et leur facile assemblage ;

*b*) L'accessibilité de toutes les parties du moule ;

*c*) Le démoulage en dépouille absolue.

On place le modèle dans une boîte grossière qui laisse tout autour un espace d'environ 5 centimètres. On verse dans le coffre un coulis très clair de mortier au dosage de 1.200 à 1.400 kilogrammes de ciment prompt par mètre cube de sable fin et on arase au niveau de la première surface de joint.

Après la prise on badigeonne le joint, on coule la deuxième coquille de moule et ainsi de suite pour les autres.

On noie dans le mortier un treillage en fil de fer et des frettes en fer rond de 5 millimètres.

Enfin on démonte le moule, on enlève le modèle et on badigeonne entièrement l'intérieur.

Pour couler la pièce, on rapproche les coquilles du moule et on les serre par des cadres à boulons ou par des cordes mouillées bloquées par des coins en bois. Il est préférable cependant de remonter les coquilles dans la caisse qui a servi à les fabriquer et où leur blocage est évidemment bien plus exact.

On procède à la coulée comme avec le moule en bois. Toutefois, comme on emploie surtout les moules en ciment pour les pierres de forme compliquée, il est tentant de couler clair pour faciliter le pilonnage. Il en résulte dans le parement de

nombreuses vacuoles provenant de l'eau en excès et dont l'effet est désagréable ; aussi est-il préférable de gâcher serré, de démouler dès la prise terminée et d'arroser abondamment ensuite.

On peut confectionner le moule en ciment sans le secours d'un cadre en bois ; il suffit alors, le modèle étant suspendu à hauteur convenable au-dessus d'une table, de coffrer provisoirement tout autour avec des planches maintenues simplement par des poids.

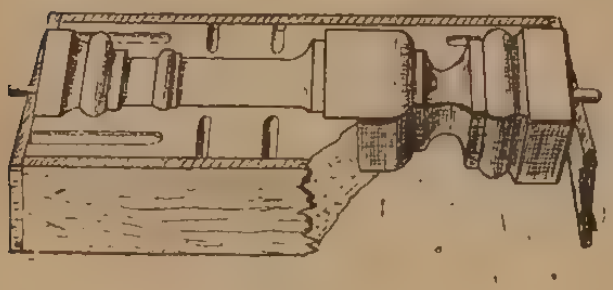


Fig 187

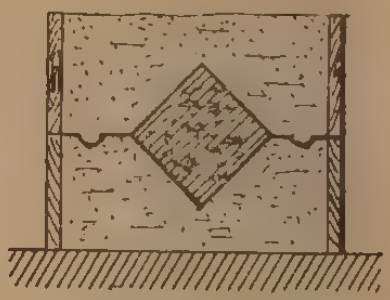


Fig. 188

**Exemple : Moulage d'un balustre de section carrée.** — Le modèle est suspendu par son axe au-dessus d'un châssis formé de 4 planches de hauteur telle que l'arête supérieure soit dans le plan diagonal du balustre (fig. 187 et 188).

On coule la première coquille et on nivelle la surface de joint avec une règle qui s'appuie sur l'arête du châssis. Après la prise, on creuse avec une gouge des cannelures dans deux sens perpendiculaires, en terminant leurs extrémités en cuiller (fig. 190). On badigeonne la surface de joint et on monte sur le premier un autre châssis de même

hauteur. A la coulée de la deuxième coquille, il vient par moulage des languettes qui épousent exactement les vides des cannelures (fig. 188). Au remontage, ces cannelures permettent un repérage exact des coquilles l'une sur l'autre.

On coule les balustres par une extrémité en plaçant le moule debout ; il serait assez difficile à

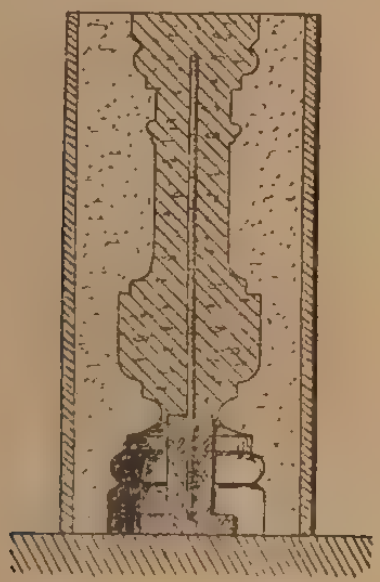


Fig. 189

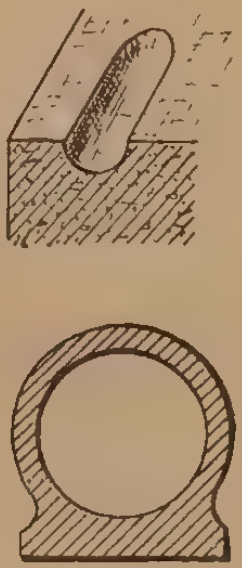


Fig 190 et 191

cause des rétrécissements de pilonner le fond du moule aussi opère-t-on de la façon suivante : On introduit dans le fond un bouchon qui obstrue le collet (fig. 189) et on bourre la partie supérieure. On retourne le moule, on retire le bouchon et on remplit la partie restante. On arme le balustre d'un fer longitudinal de 10 millimètres dont on ménage le passage dans l'axe du bouchon. Enfin on perce dans l'axe un trou de 3 centimètres à l'extrémité supérieure et de 6 centi-

mètres à l'extrémité inférieure qui serviront à la mise en œuvre.

**Moule en plâtre.** — Le moule en plâtre est employé pour les parements ornementés ; le gonflement du plâtre pendant la prise donne un meilleur contact que le ciment avec le modèle, d'où il résulte une plus grande finesse des détails.

On ne confectionne en plâtre que les plaques qui moulent les parements, les autres parties restant coffrées par du bois.

Les plaques sont elles-mêmes obtenues par moulage comme il a été expliqué pour les coquilles en ciment. La surface est badigeonnée avec de l'huile de lin lithargée. Le moule est abreuvé d'eau avant chaque usage parce qu'il pourrait absorber l'eau de gâchage du ciment.

**Moule en gélatine.** — Il est possible de reproduire par moulage des parements en contre-dépouille et particulièrement des sculptures par l'un des artifices suivants :

*1er Procédé.* — On coule sur le modèle un moule en gélatine qu'il est possible de retirer sans dommage grâce à l'élasticité de cette matière. Ce moule donne ensuite des moulages qu'on retire de la même façon.

Malheureusement la gélatine se déforme au contact prolongé du mortier humide aussi le procédé n'est-il applicable qu'au ciment prompt ;

*2e Procédé.* — On coule un moule en plâtre sur lequel on exécute un modèle en gélatine. Sur ce dernier, on tire un nombre de moules en plâtre égal à celui des pièces demandées.

Chaque pierre est moulée sur un de ces moules, mais il est évidemment impossible de la retirer comme d'un moule en gélatine. On brise donc le moule en plâtre lorsque le ciment a suffisamment durci. Rien n'empêche d'ailleurs de mettre la pierre en œuvre avec la couche de plâtre qui protège le parement et qu'on ne brisera sur place qu'au moment convenable.

Le plus souvent on n'exécute ainsi que des plaques minces qu'on arme de métal déployé. Pour les mettre en place, on les suspend par des crochets ou on les scelle par des crampons : Les trous de scellement sont forés à la mèche dans les emplacements de la plaque les moins apparents (parties ombrées) et on rebouche les trous avec du mortier de même nature. On calfeutre les joints avec du plâtre et on verse avec un entonnoir un coulis de ciment qui soude la plaque au mur.

La teinte des moulages en ciment est d'un blanc moins franc que les enduits grésés ou ravalés au chemin de fer.

Ces travaux délicats ne doivent être confiés qu'à des spécialistes.

**Moulage sur place.** — Pour certaines pierres (dalles de balcon, consoles, etc...), qui ont à supporter des efforts importants, on peut soit appliquer le procédé précédent en rapportant les moulages sur le gros-œuvre en béton armé exécuté au préalable, soit construire le moule sur place et couler successivement le parement, puis le gros œuvre.

**Tuyaux en béton.** — Les tuyaux en béton sont coulés dans des moules spéciaux en tôle. Dans certains systèmes tels que le *moule Campi-trou*

Fig. 192

(fig. 192) le tuyau est coulé debout tandis que dans d'autres il est coulé couché.

Parfois, on fait venir de coulée une face plane sur le parement extérieur (fig. 191) qui forme lit de pose.

Certaines maisons ont établi un matériel complet pour la fabrication économique des tuyaux et qui comporte des appareils spéciaux de manutention mécanique, des matériaux et des produits finis.

Le béton gâché serré est au dosage de 400 kilogrammes de ciment prompt pour 800 litres de gravillon et 400 litres de sable. Le mélange n'est préparé à la fois que pour la quantité de matières nécessaires à la confection d'un tuyau. Tout béton dont la prise est commencée doit être rejeté.

## Installation d'un chantier de production d'agglomérés

Pour qu'il y ait économie à fabriquer les agglomérés sur le lieu d'emploi, il faut que le gain sur les manutentions, sur les transports et sur les déchets, compense les frais d'installation ainsi que le supplément de main-d'œuvre dû à l'incommodité du chantier provisoire.

Il est indispensable, en outre, que l'emplacement soit clôturé, assez vaste pour le séchage de la production de six jours et bien approvisionné en eau. En cas de pluie ou de soleil trop ardent, il faut pouvoir abriter la production d'une journée entière. Si l'on opte pour l'installation d'un chantier fixe de production, l'emplacement le plus convenable n'est pas, comme il semblerait à première vue au milieu des lieux d'emploi, mais en un point obligé de transbordement des maté-

riaux lourds. Un tel emplacement donnera un prix de revient toujours inférieur à la fabrication sur place et la zone où on pourra concurrencer les autres producteurs sera d'autant plus étendue que l'installation sera proche du lieu d'extraction des matériaux.

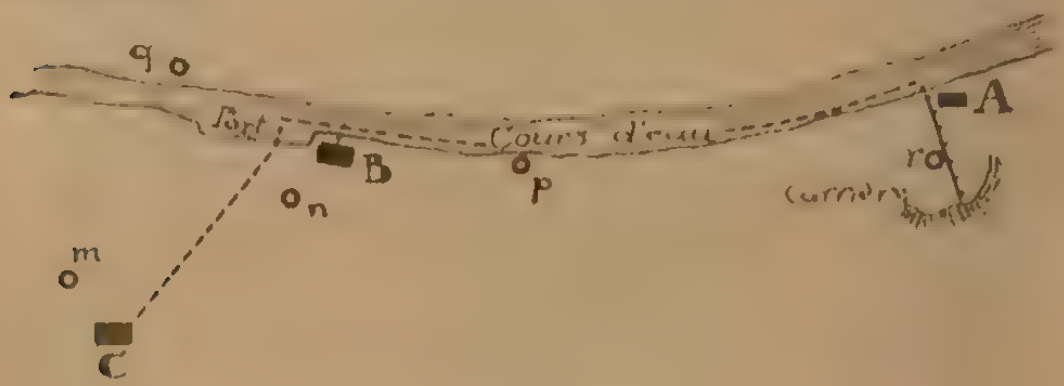



Fig. 193

Par exemple, sur un chantier *m* (fig. 193), les trois usines *A*, *B* et *C* pourront fournir sensiblement au même prix. En *n* la concurrence de *C* est moins à craindre ; en *p*, *q*, *r* c'est *A* de beaucoup le plus favorisé. Il suffit pour le vérifier de mesurer les chemins parcourus par les matériaux et les produits terminés et de compter les transbordements.

Dans de semblables conditions, une installation fixe est avantageuse même pour une production moyenne et intermittente.

## ENDUITS

L'enduit est un revêtement de mortier qu'on applique sur les murs dans un but de protection,

de consolidation, d'imperméabilisation, de régularisation ou de décoration.

**Enduit ordinaire.** — Le mortier est composé de 600 kilogrammes de chaux hydraulique ou 400 kilogrammes de ciment pour 1 mètre cube de sable de rivière.

Le ciment de laitier est absolument proscrit à cause de son oxydabilité à l'air sec qui amène la destruction des enduits après quelques années.

Le sable de carrière n'est employé à l'extérieur que s'il est parfaitement propre.

Pour appliquer l'enduit, l'ouvrier tient de la main gauche à la façon d'un plateau une large taloche emmanchée, appelée *bouclier*. Il place dessus une certaine quantité de mortier qu'il prélève dans l'*auge* ou *gamale* placée près de lui. Reprenant ensuite ce mortier à la truelle, il le plaque vigoureusement sur la surface à enduire. Il garnit les cavités et les joints en pressant le mortier avec la tranche de la truelle puis il reprend le mortier sur le mur et le plaque de nouveau jusqu'à ce que tous les interstices soient bien remplis.

Cette première couche de 1 cm. 1/2 d'épaisseur moyenne fait prise au bout d'un temps très variable suivant la porosité du mur, la nature du mortier et les conditions atmosphériques.

La deuxième couche est en mortier légèrement plus fin que l'ouvrier lisse ensuite à la taloche.

Dans les angles et sur les parties étroites, il se sert d'une taloche allongée confectionnée à la demande.

**Enduit lissé.** — L'enduit lissé donne une surface plus unie et plus imperméable que l'enduit taloché ; il est aussi plus résistant au choc et aux intempéries.

On l'applique sur les parties de la construction les plus exposées à l'humidité : caves, soubassements, etc...

La composition du mortier est plus riche que pour l'enduit taloché : 500 à 600 kilogrammes de ciment artificiel pour un mètre cube de sable de première qualité.

La première couche est appliquée comme précédemment. La seconde est gâchée assez serré, et pressée à la truelle qui comprime beaucoup plus fortement que la taloche. Par dessiccation trop rapide, l'enduit se crevasse, mais on peut y parer en lissant seulement avec une taloche recouverte d'un feutre. Toutefois, la compression est bien moins énergique et l'imperméabilité notablement diminuée.

Le badigeon au lait de ciment qu'on voit parfois appliquer sur l'enduit n'apporte aucune qualité supplémentaire.

**Enduit lissé sous pression d'eau.** — Quand l'enduit doit résister à l'eau sous pression on porte l'épaisseur à 4 centimètres et le dosage à 1.200 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable. en ajoutant parfois au mortier divers produits hydrofuges.

Deux cas sont à distinguer :

Si la pression du liquide agit sur la face de l'en-

duit, on ne prend pas de précautions spéciales : c'est le cas des citernes et des fosses d'aisance.

Si la pression s'exerce sur l'autre face du mur, elle tend à décoller l'enduit de son support : c'est le cas d'un sous-sol qu'on veut rendre étanche. L'enduit est efficace jusqu'à une pression de 1 mètre d'eau ; encore est-il nécessaire de favoriser son adhérence par la dégradation des joints, le piquage et le brossage.

**Enduit lissé et ferraillé.** — Cet enduit est étanche pour des sous-pressions d'eau atteignant 5 mètres sous réserve d'être exécuté strictement comme suit :

Les dosages sont :

| | |
|---|---|
| **Pour la première couche..** | **1 m. c. de sable de rivière à la maille de 3 millim. 1.400 kilogrammes de ciment artificiel.** |
| **Pour les deuxième et troisième couches.....** | **1 m. c. de sable de rivière à la maille de 5 millim. 1.200 kilogrammes de ciment artificiel.** |

*a*) On scelle dans la paroi des crampons en quinconce, espacés de 0 m. 30 à 0 m. 40 ; de 0 m. 10 de queue et 0 m. 03 de saillie sur le nu du mur (fig. 194).

Sur de la maçonnerie de brique ou de moellon, les crampons sont scellés dans les joints et non simplement enfoncées ; sur du béton, ils sont mis en place avant que le ciment ait achevé sa prise ;

*b*) On applique une première couche de 0 cm. 5 de mortier fin, en garnissant soigneusement les joints et le pied des crampons avec une truelle étroite dite *langue de chat*.

Le mortier est fortement pressé mais *non lissé* et cette première opération est particulièrement délicate ;

*c*) On plaque une deuxième couche de 2 cm. 5 d'épaisseur également fortement comprimée ;

*d* Quand cette couche a fait prise, on appli-

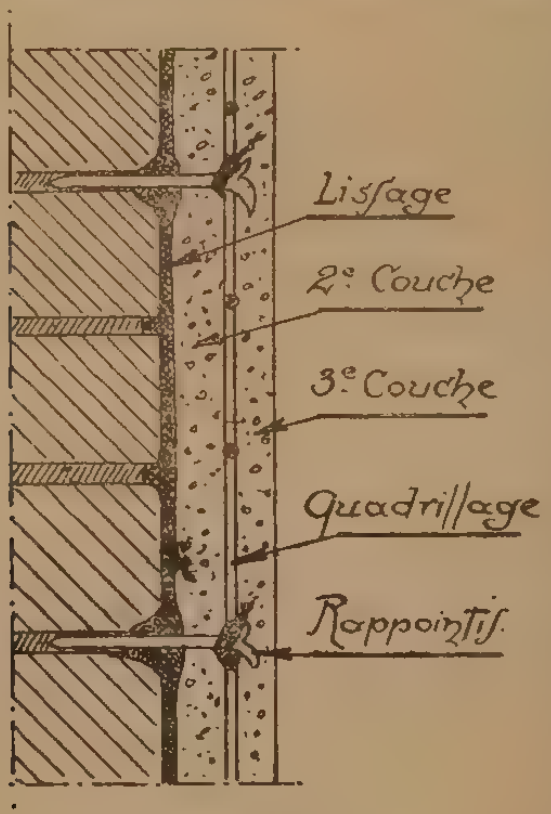



Fig. 194

que un grillage non galvanisé ou des feuilles de métal déployé qu'on fixe aux têtes des crampons par des ligatures en fil de fer recuit de 6/10 ;

*e*) On plaque une dernière couche d'enduit de 2 centimètres qui recouvre complètement grillage et crampons.

On lisse à la taloche, puis à la truelle.

Indépendamment de son adhérence au mur, cet

enduit résiste comme une dalle armée tendue sur les crampons et ceci justifie la position de l'armature toute proche de la face intérieure de l'enduit.

Cet enduit est plus difficile à appliquer en surface horizontale parce qu'il faut lui créer un support spécial capable de résister à la poussée de l'eau.

*Sous pression d'eau en surface horizontale.* — Au double problème précédent de l'étanchéité de l'enduit et de sa résistance au décollement s'ajoute celui de la résistance du sol à la sous-pression.

Dans le cas du mur, en effet, la charge de maçonnerie et l'entretoisement des planchers s'opposaient efficacement au renversement.

Le dallage sous-pression d'eau se composera de 4 couches superposées :

*a*) Une forme en béton très maigre destinée uniquement à servir de support à la chape (fig. 196 et 1997) ;

*b*) Une chape en mortier riche appliquée comme un enduit en ciment.

*c*) Une épaisseur résistante qui s'oppose à la fois à la poussée de l'eau et au décollement de la chape.

Cette couche peut être réalisée : par un massif de maçonnerie (fig. 197), par des voûtes renversées en briques ou en béton (fig. 196), ou mieux encore par un radier en béton armé (fig. 294 sq.).

*d*) Une couche d'usure : chape en ciment, carrelage, etc...

Un système différent est représenté à la fi-

gure 195 où les couches sont réduites à trois : le radier en béton armé fait office de forme, mais la chape doit être très solidement cramponnée.

On donne à la dalle une pente de 2 centimètres

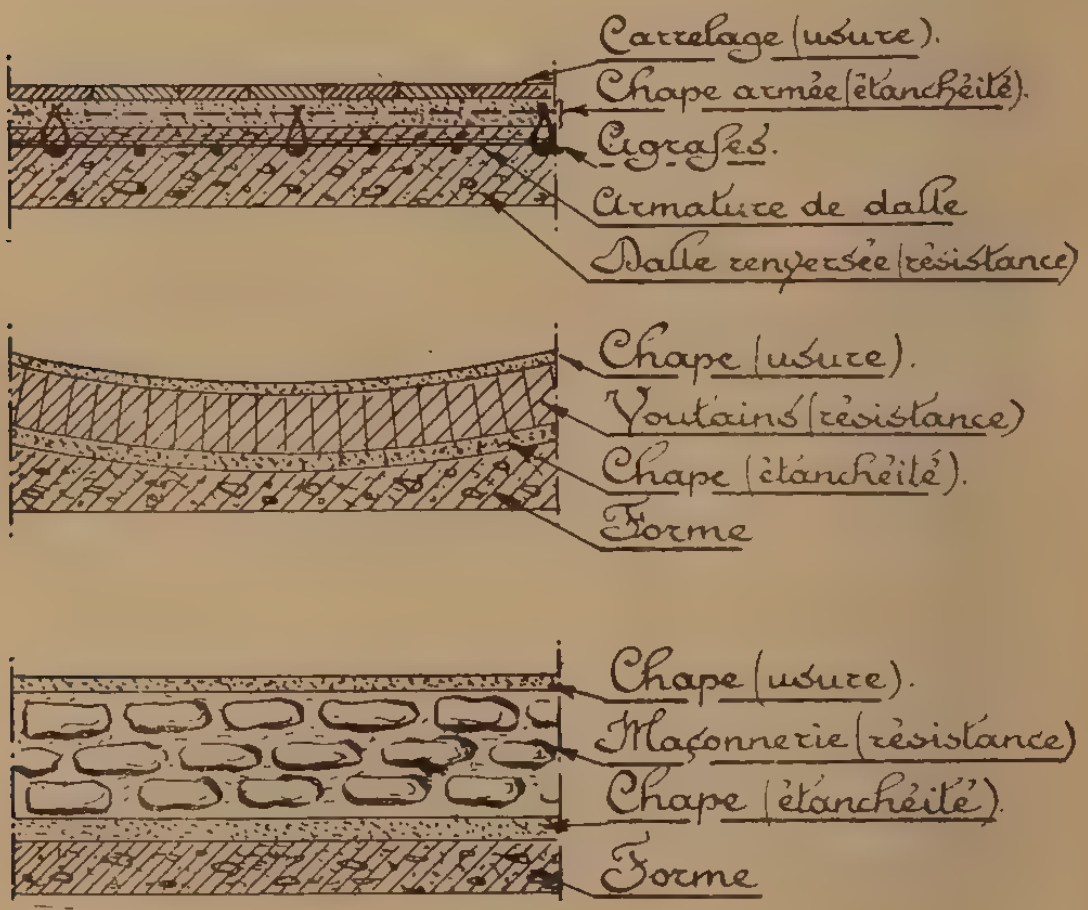



Fig. 195 à 197

par mètre conduisant à un puisard semblablement construit.

On veille particulièrement au parfait raccord entre l'étanchéité verticale et horizontale. Les angles sont arrondis au rayons de 10 centimètres.

On interdit absolument de pratiquer des scellements dans les travaux d'étanchéité. Il est en effet

difficile de découvrir une venue d'eau quand l'espace intérieur a été aménagé et il est aussi délicat de l'aveugler convenablement.

Si le cas se produisait, on procèderait de la manière suivante :

Tout autour de la fissure, on démolirait le dallage jusqu'à mi-épaisseur de la forme inférieure.

On referait cette forme en ciment prompt de façon à empêcher une venue importante d'eau pendant la suite du travail, puis on referait les autres couches en mortier riche de ciment artificiel.

Les travaux d'étanchéité sont toujours très délicats et ne doivent être confiés qu'à des cimentiers éprouvés.

**Enduit tyrolien ou mouchetis.** — Cet enduit convenablement exécuté est très efficace pour protéger les murs de la pluie, et son effet décoratif est des plus heureux.

On exécute d'abord un enduit taloché ordinaire en deux couches, puis on prépare un mortier liquide au dosage de 800 kilogrammes de ciment artificiel par mètre cube de sable de rivière.

Pour appliquer le mouchetis, l'ouvrier plonge dans le mortier un balai de bouleau sans manche, puis il le frappe d'un coup sec sur un court bâton qu'il tient de l'autre main à distance convenable du mur.

Les gouttes de mortier adhérentes au balai sont projetées par le choc et viennent moucheter le mur.

On enduit ainsi sans arrêt toute la surface et

on recommence l'opération trois fois au moins en attendant chaque fois que la couche précédente ait fait prise, sinon les gouttes se soudent entièrement et donnent l'aspect d'un enduit ordinaire mal exécuté.

Le mouchetis terminé est rugueux mais uniforme. Il présente de multiples cavités qui augmentent la surface de contact du mur avec l'air en favorisant l'évaporation de l'eau.

Quand l'enduit est encore frais, on délimite son contour en raclant au grattoir la couche mouchetée ; la couche lisse apparaît. On borde l'enduit par un champ plat de 4 à 5 centimètres de largeur obtenu de la même manière, ou encore par une baguette saillante demi-ronde en mortier tirée avec un fer de forme spéciale.

On teinte souvent cet enduit avec des couleurs ajoutées au mortier : les tons brun, ardoise, bleu-ciel sont les plus agréables.

**Enduits simili-pierre.** -- Il existe des enduits, spéciaux employés pour imiter la pierre de taille. Les uns à base de plâtre, faciles à travailler, ne supportent pas les intempéries et sont réservés pour l'intérieur ; d'autres à base de ciment égalent en résistance les pierres les plus dures.

Le *ciment blanc* fabriqué par diverses usines à toutes les qualités du ciment Porland artificiel. On ne l'emploie jamais pur à cause de son prix élevé et surtout de son retrait considérable.

Le mortier est composé de 450 kilogrammes de ce ciment pour 1 mètre cube de sable siliceux très blanc (sable de grés ou sable de verrier) ou de

pierre calcaire broyée qu'on trouve toute préparée dans le commerce. Il n'est pas bon d'utiliser les poussières de sciage qui sont beaucoup trop fines et malpropres.

Certaines maisons livrent le mélange deciment blanc et de pierre tout prêt pour l'emploi (ciment-pierre, cimental, etc...). La teinte et la grosseur du grain varient suivant la pierre que l'on désire imiter. Le dosage est établi pour éviter complètement le retrait.

Par économie, la première couche d'enduit est en mortier de ciment ordinaire.

La deuxième couche en mortier de ciment blanc de 1,5 centimètres d'épaisseur est appliquée comme suit :

On place le mortier gâché serré sur le bouclier tenu horizontalement et dont on appuie la tranche le long du mur. Avec la truelle on pousse le mortier sur le mur et on l'y comprime fortement. On laisse ensuite l'enduit durcir pendant plusieurs jours. Par séchage il devient blanchâtre si le grain est fin, jaunâtre et rugueux si le grain est gros.

On lui donne l'aspect définitif en le ravalant au *chemin de fer* comme on ferait de la pierre de taille. Les gros grains se polissent, certains s'arrachent en créant des vides d'où l'on chasse la poussière avec une brosse douce ou un soufflet. Loin de nuire à l'aspect, les cavités créées contribuent à donner l'illusion de la pierre véritable.

Par économie, on se contente parfois de frotter

le parement avec la pierre de grès jusqu'à disparition des traces de la taloche.

Ce procédé plus rapide n'enlève qu'une mince couche de l'enduit ; par contre il nécessite que la surface soit préalablement bien dressée et l'effet est moins satisfaisant que celui donné par le chemin de fer.

Il importe de saisir l'instant convenable pour le ravalement : trop tôt, tous les grains s'arracheraient, les pores se rempliraient de poussière et la pierre de grès glisserait sans mordre ; trop tard l'enduit serait trop dur et impossible à travailler.

Le moment est propice lorsque la dureté atteint celle des pierres de numéro 6 de taille. On le reconnaît à ce qu'il n'est plus possible de rayer l'enduit avec un éclat de pierre tendre tandis qu'on peut encore le faire avec une pierre dure.

**Gunite.** — Le *Cement-Gun* (Canon à ciment) est un appareil pneumatique d'invention américaine qui effectue à la fois le transport et l'application du mortier.

Il se compose de deux chambres superposées (fig. 198). La chambre supérieure formant *sas* permet d'introduire progressivement les matériaux secs dans la chambre inférieure sous pression, sans interrompre le fonctionnement. Un distributeur rotatif dépose le mélange devant l'entrée d'un tube en caoutchouc où l'on souffle de l'air à 6 kilogrammes de pression fourni par un compresseur.

Le sable et le ciment sont entraînés par l'air comprimé jusqu'à une tuyère métallique placée à

l'extrémité du tube, puis projetés violemment à l'extérieur. Une série de petits trous sur la circon-

Fig. 198

férence intérieure de la tuyère distribuent l'eau sous pression amenée par un petit tuyau séparé.

Le mortier n'est donc formé qu'à l'instant même de l'application, évitant ainsi les inconvénients d'une prise anticipée à l'intérieur des appareils.

Au début de l'opération, on constate que les grains les plus gros du sable se séparent du mélange et tombent à terre, mais dès que la paroi s'est recouverte d'une mince pellicule de ciment, les gros grains s'y enchâssent et l'enduit croît rapidement en épaisseur. Grâce à la violence de la projection, il est possible d'appliquer en une fois une couche de 2 centimètres.

L'appareil est particulièrement pratique pour enduire les surfaces d'accès difficile ou d'orientation telle que l'application à la main serait mal commode.

**Exécution des enduits.** — L'échafaudage volant est le plus pratique pour l'application des enduits. Seul il permet de se déplacer rapidement sur toute la surface avec laquelle il n'a aucun contact. Or il sera nécessaire, pour l'enduit tyrolien, par exemple de faire jusqu'à six applications successives.

On s'assure avant de commencer.

*a*) Que les matériaux sont en quantité suffisante pour tout le travail. Toute reprise et à plus forte raison tout changement de matériaux donne des taches et des variations de teintes ;

*b*) Que les mêmes ouvriers conduiront le travail de bout en bout parce que l'aspect varie encore avec les outils employés et le tour de main de chacun ;

*c*) Que l'état atmosphérique ne varie pas pendant l'opération et n'obligera pas à l'interrompre.

**Adhérence des enduits.** — Les enduits en ciment adhèrent parfaitement à la maçonnerie propre et en particulier exempte de poussière, de plâtre, de peinture, de suie, etc... L'adhérence au béton est d'autant meilleure que celui-ci est plus récent, aussi peut-on réduire à 0,5 centimètres d'épaisseur les enduits exécutés sur le béton sitôt après décoffrage.

Sur la maçonnerie ancienne, il faut d'abord hacher les anciens enduits, dégrader les joints, brosser énergiquement avec une brosse métallique, arroser à plusieur reprises avec un arrosoir à pomme et enfin badigeonner avec une barbotine de ciment pur quelques instants avant l'application.

La pierre tendre absorbe l'eau comme une éponge, aussi doit-on soigner particulièrement l'arrosage ; en outre on favorise l'accrochage de l'enduit en hachant la surface.

**Retrait des enduits.** — Le retrait du mortier pendant le séchage produit sur l'enduit un *faïençage* qui n'a rien de décoratif. La pluie s'infiltrant par les multiples craquelures envahit toute l'épaisseur de l'enduit et amorce sa destruction.

Le retrait augmente avec le dosage en ciment, avec la rapidité de séchage et avec un lissage trop prolongé.

Un enduit fait par temps froid et humide a le minimum de retrait ; les enduits en sous-sol, toujours légèrement humides et abrités du soleil, supportent facilement un dosage riche sans retrait.

**Action de l'humidité.** — La prise est d'autant

meilleure que l'enduit est maintenu plus long temps humide, mais la teinte dépend aussi de ce facteur, aussi doit-on veiller lorsqu'on recherche un effet décoratif à ce que l'enduit ait partout en même temps le même degré de siccité.

Sur un mur sec et homogène, la marche de la prise est partout semblable, mais s'il existe des zones humides, par exemple au voisinage du sol, on peut-être certain que l'enduit présentera des taches. En particulier sur une maçonnerie neuve, il faut attendre que le mortier des joints soit arrivé au même degré de siccité que la brique ou le moellon, sinon on s'expose à voir réapparaître la trace des joints en lignes plus foncées, ce qui donne l'illusion de transparence.

Pour la même raison, il faut se méfier de la maçonnerie en reprise faite au dernier moment pour boucher les passages de service ou les trous laissés pour les boulins d'échafaudage.

**Action de la pluie.** — La pluie n'a pas d'action nuisible sur un enduit dont la prise est terminée, mais elle est très gênante pour l'application.

En temps ordinaire le mortier projeté reste adhérent parce que le mur absorbe aussitôt une partie de son eau. Par temps de pluie l'équilibre est détruit : l'eau ruisselle sur le mur en entraînant le mortier.

Il est cependant possible d'enduire pendant la pluie à condition de mettre le mur hors d'eau. Si la pluie tombe verticalement on installe sur le faîte un auvent en tôles ou en planches ; si la pluie fouette le mur, on installe un auvent sem-

blable au niveau des appuis de chaque étage.

**Action de la gelée.** — Les enduits craignent particulièrement la gelée parce qu'ils offrent une grande surface pour une faible épaisseur. La sensibilité est très variable avec l'exposition au vent.

Les divers procédés préconisés pour rendre le béton ingélif sont ici inapliquables : la protection par un écran (bâche ou panneau) est inefficace : on risque de détériorer l'enduit et on crée des courants d'air dont l'effet est encore plus désastreux. L'emploi d'eau tiède n'a aucun intérêt puisque le mortier est ramené à la température ambiante bien avant que la prise soit achevée. Enfin il ne faut mélanger au mortier aucun produit chimique qui réapparaîtrait à la surface en taches blanches.

Les enduits en chaux ou en ciment naturel craignent la gelée beaucoup plus longtemps que ceux en ciment artificiel qui sont pratiquement hors d'atteinte après trois jours d'existence. La qualité du sable a aussi une influence primordiale. Les grains de chaux ou de ciment qui ont déjà fait prise avant l'application donnent des points très gélifs, aussi faut-il éliminer par tamisage les petits noyaux agglomérés que l'on rencontrerait dans le sacs.

Un enduit commencé en chaux peut être continué en ciment dès qu'on craint la gelée, à condition cependant que le changement de teinte inévitable soit sans importance.

Un enduit atteint reste dur pendant toute la période de gelée. La surface se divise en écailles

dont les bords dentelés se soulèvent ; on dit que l'enduit frise. Au dégel, il tombe en poussière ou en plaques selon qu'il a été saisi plus ou moins tôt. Parfois, la croûte reste dure et l'action de la gelée n'apparaît pas immédiatement ; on reconnaît alors que l'enduit est décollé du mur au son creux qu'il rend sous le choc du doigt. Il pourrait tenir encore quelque temps en place mais plusieurs gels successifs le feraient inévitablement tomber et il est préférable de ne pas attendre cet instant pour le refaire.

**Action de la sécheresse.** — Le soleil ardent et le vent sec ont sur les enduits le même effet que sur le béton. L'eau s'évapore rapidement et le mortier prend dans des conditions défectueuses. Il peut même ne pas prendre du tout, blanchir et tomber en poussière.

Alors qu'il est aisé de maintenir humide une masse de béton, il faut craindre ici les différences de degré d'humidité et le remède par arrosage pourrait être pire que le mal.

En pratique, on se contente de protéger l'enduit des rayons trop ardents du soleil ou mieux encore d'attendre une température plus favorable au travail.

**Décoration des enduits.** — Les arêtes rentrantes ou *cueillies* sont tirés à la taloche. Les arêtes saillantes sont plus difficiles à exécuter :

On applique d'abord l'enduit sur la face principale en l'arrêtant par une règle dont la saillie sur le nu du mur est égale à l'épaisseur de l'enduit. Quand la prise est terminée on enlève la

règle en la faisant glisser tangentiellement au mur (fig. 199) et on la replace sur la face terminée pour enduire la deuxième face (fig. 200).

Il arrive souvent que ces deux enduits se raccordent mal ou même laissent un joint visible

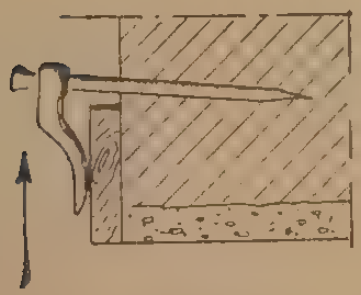


Fig 199

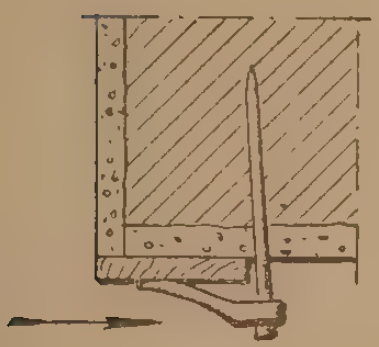


Fig. 200

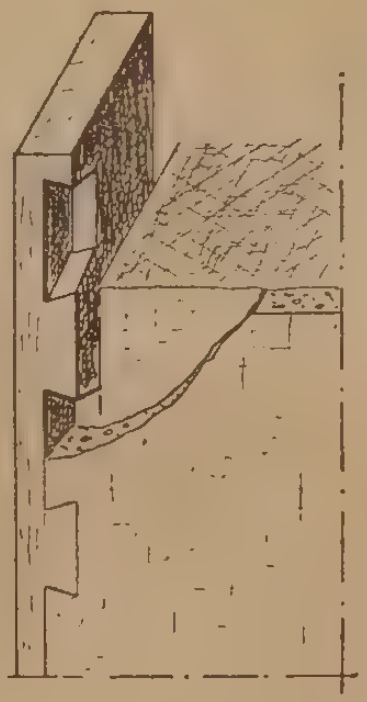


Fig. 201

par où la pluie pénètre. Un moyen pour l'éviter consiste à faire un véritable assemblage à queue d'aronde des deux parements ; il suffit de border le premier enduit par une règle de profil approprié (fig. 201) préalablement huilée et qu'on ne retire que lorsque l'enduit est assez résistant.

Un moyen également simple consiste à armer

l'arête avec une bande de grillage à larges mailles.

Enfin les ouvriers habiles enduisent simultané-

Fig. 202

ment les deux faces et tirent les arêtes en faisant glisser une taloche sur chaque côté.

**Joints, gorges, canaux.** — Les joints creux destinés à imiter l'appareil de pierre ou de brique

Fig. 203

sont tirés comme ceux d'un dallage avec un fer et une règle. On se sert aussi d'une molette qui imprime de petits traits perpendiculaires aux joints imitant la ciselure de la pierre (fig. 202).

Les joints colorés sont tracés au pinceau ; les joints noirs sont tirés en creux avec un gros

crayon de graphite ou simplement avec un charbon de lampe à arc avant que l'enduit ait atteint toute sa dureté.

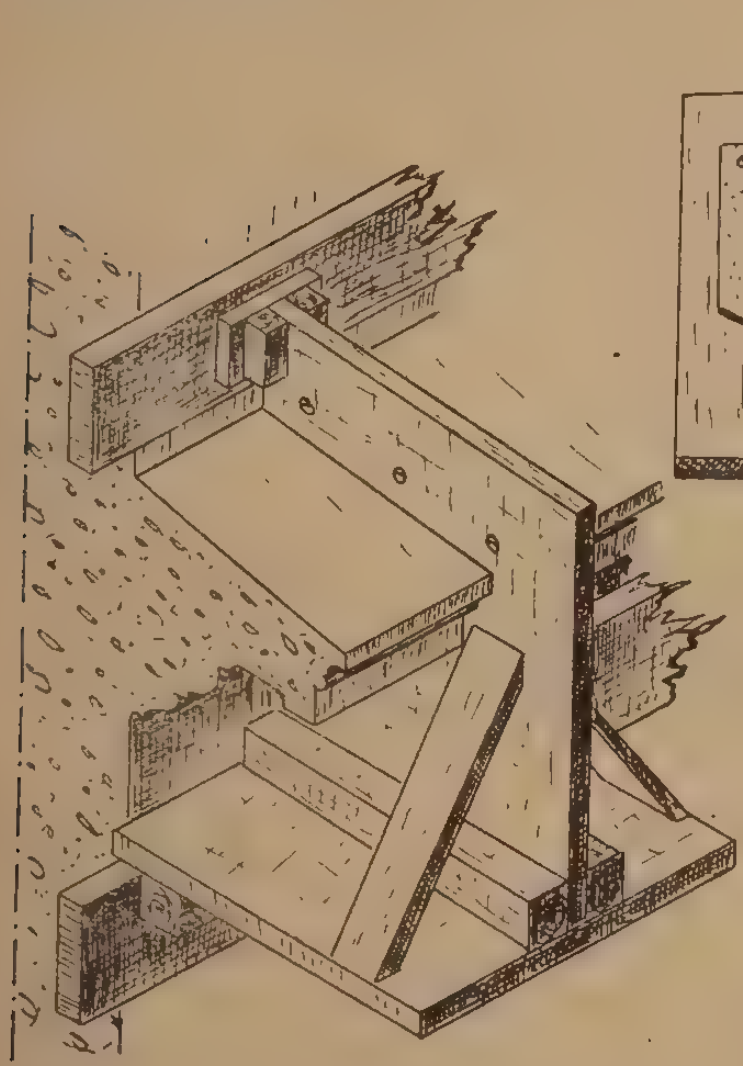


Fig. 204

Fig. 205 et 206

Les joints lissés au fer apparaissent en noir sur le ciment blanc, ce qui est fort laid. On tracera ces joints de 1 centimètre de largeur sur 2 millimètres de profondeur avec un bédane ou *une sciotte* glissant le long de la règle. Il faut pour

cela que l'enduit soit assez dur pour que les arêtes du joint ne s'épaufrent pas, mais pas trop cependant sinon l'outil serait vite hors d'usage.

On imite plus parfaitement encore les joints de la pierre en creusant de 1 centimètre et en rejointoyant ensuite avec un mortier de ciment prompt et de sable blanc. Un ciment lent ferait une mauvaise prise sous une aussi faible épaisseur. A l'intérieur on emploiera le plâtre.

Pour ménager dans l'enduit des joints larges et profonds, on dispose des baguettes rabotées, saturées d'eau en dépouille sur le mur de façon que la face la plus large vienne au nu de l'enduit terminé. Après durcissement, le bois sèche et sort seul de la rainure.

Quand on opère avec du ciment blanc on évite que le sous-enduit n'apparaisse au fond de la gorge en chargeant en ciment blanc toute l'épaisseur du renformis à l'entour de la baguette (fig. 203).

**Moulures.** — Les moulures sont exécutées par traînage au calibre.

Le *calibre* (fig. 204-205) est une feuille de zinc ou de tôle découpée au profil de la moulure, supportée par une planchette de chêne qui épouse le même contour mais dont l'arête est en retrait de quelques millimètres sur celle de la plaque métallique (fig. 206).

Quand la saillie de la moulure sur le nu de l'enduit excède 6 centimètres, il convient avant tout d'assurer la solidité de sa liaison au mur. Sur un mur neuf où les moulures sont prévues à l'avance

on crée pendant la construction une *saillie-masse* en béton ou en brique qui suit grossièrement le profil extérieur de la moulure à venir (fig. 211-212).

Pour rapporter cette saillie après coup, on dégrade les joints, on pique la maçonnerie, et on scelle de distance en distance des *rappointis* qu'on réunit par des fils de fer. On coffre sommairement et on coule la saillie en béton (fig. 207).

On peut supprimer le coffrage en accrochant

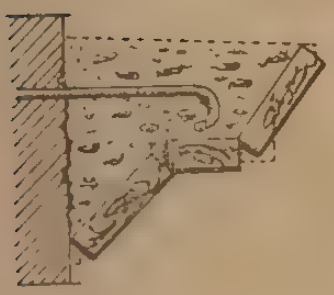


Fig. 207

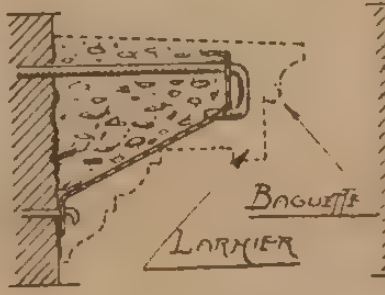



Fig. 208

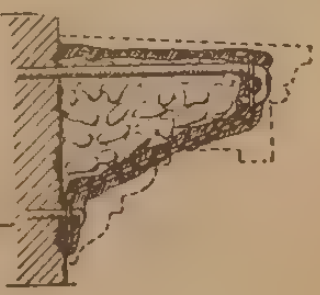


Fig. 209

aux rappointis une feuille de métal déployé à petites mailles qui retient le béton (fig. 208).

Enfin on peut remplir la poche d'un béton très léger de mâchefer et appliquer seulement une croûte résistante de mortier autour du grillage (fig. 209).

**Moulures rectilignes.** — Le calibre coulisse sur deux règles savonnées, fixées de part et d'autre de la moulure par des *chevillettes* de maçon ou par des scellements au plâtre (fig. 204-205). L'ouvrier plaque une première couche de mortier, puis passe le calibre pour enlever l'excédent. Il attend

ensuite que le mortier soit assez pris pour supporter une nouvelle application et il recommence l'opération jusqu'à plénitude parfaite du profil.

Le calibre est toujours traîné dans le même sens. Quand le profil présente des saillies vers le

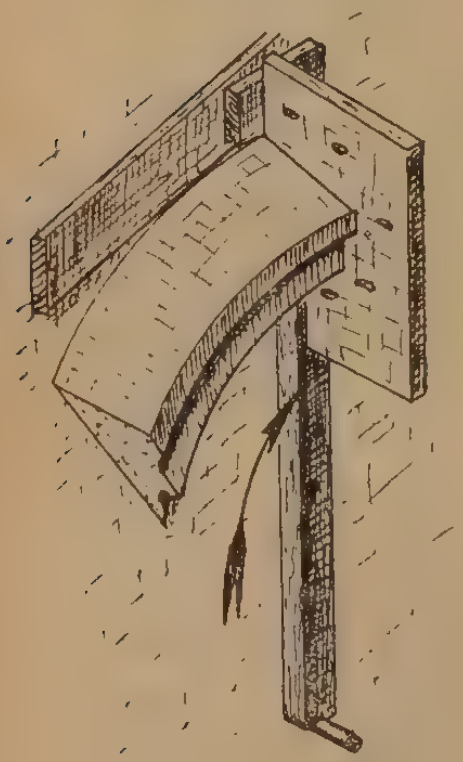


Fig. 210

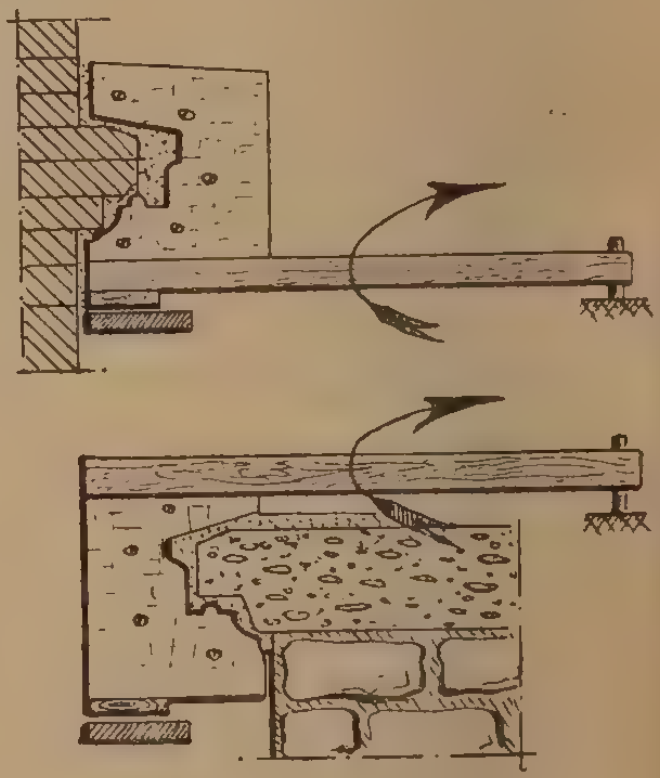


Fig. 211 et 212

bas (larmier) ou n'a pas de dépouille dans le sens transversal, on veille à bien appliquer la butée supérieure du calibre sur sa glissière sinon un seul passage malencontreux suffirait à arracher ces saillies déjà si difficiles à faire venir. Quand le calibre est engagé, il faut donc le tirer d'un trait jusqu'au bout ; si la moulure était par trop longue, on placerait un butoir à une certaine

distance et on retirerait toujours le calibre au contact de ce butoir. On reprendrait ensuite la moulure exactement à cet endroit de sorte que la largeur du joint à raccorder à la main n'excéderait pas l'épaisseur du calibre.

Le ciment prompt permet un travail bien plus rapide mais moins résistant. Avec le ciment blanc on emploie toujours un mortier à grains fins même si les enduits étaient à gros grains parce qu'il est impossible de ravaler convenablement les moulures courbes.

**Moulures circulaires sur parement plan.** — On scelle un pivot au centre de l'arc et on monte le calibre comme l'indique la figure 210:

Le raccord avec les moulures rectilignes est fait à la main.

**Moulures droites sur parement courbe.** — Le même procédé s'applique encore, si le centre est accessible. C'est toujours le cas sur un parement concave (fig. 211) et fréquemment sur un parement convexe (fig. 212).

Si le centre n'est pas accessible ou si les courbes ne sont pas des cercles, on a forcément recours à des règles glissières courbées à la demande.

**Retours de moulures.** — Pour faire un retour saillant, on traîne successivement les moulures de chaque parement sans s'occuper de l'autre. Le raccord se fait de lui-même à 45°. Il faut cependant raccorder à la main les corps de moulures qui n'ont pas de dépouille tels que le larmier et la baguette du profil de la figure 205.

Pour un retour rentrant, le raccord est toujours fait à la main.

Lorsqu'un bandeau mouluré présente un grand nombre de décrochements successifs de faible saillie, on procède de la manière suivante :

On place les règles de façon à traîner de bout en bout la moulure la moins saillante (fig. 213),

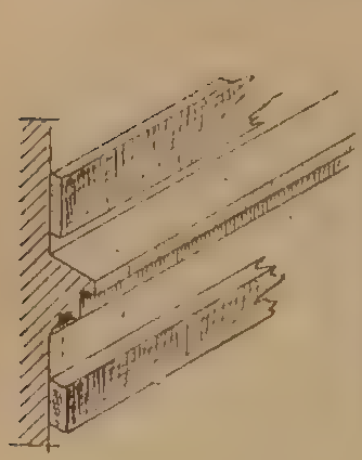


Fig. 213

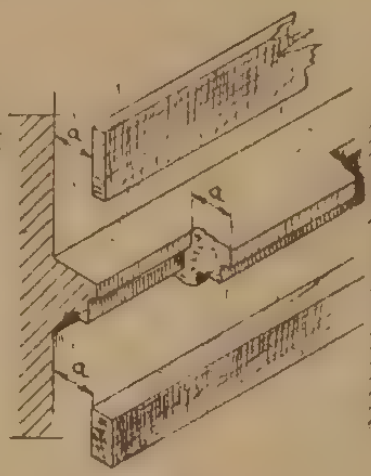


Fig. 214

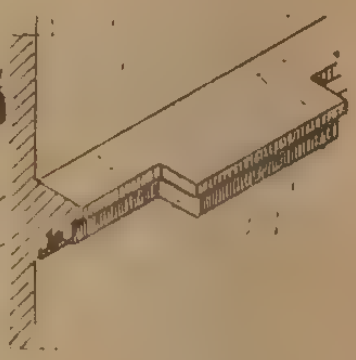


Fig. 215

puis on avance les règles pour traîner l'autre moulure, on charge en mortier seulement les emplacements où doit exister cette moulure et on traîne le calibre de bout en bout (fig. 214).

Les moulures en retour sont faites à la main (fig. 215).

Le procédé est plus rapide qu'en opérant pour chaque saillie séparément et l'alignement de tous les décrochements est impeccable.

# QUATRIÈME PARTIE

## EXÉCUTION D'ÉLÉMENTS EN BÉTON ARMÉ

Les méthodes générales de coffrage, ferraillage et bétonnage exposées à la deuxième partie du volume sont applicables à tous les cas. Les instructions qui suivent traitent des procédés et des tours de main particuliers à l'exécution des éléments qu'on rencontre le plus couramment dans la construction en béton armé.

### SEMELLE DE FONDATION D'UN MUR

C'est l'ouvrage le plus simple comme disposition et les renseignements donnés à la première partie indiquent clairement la marche de l'opération.

Le terrain fait office de coffrage pour le fond et les parois ; toutefois sur un sol éboulueux il est bon de coffrer les côtés pour éviter le mélange du béton avec la terre et pour que la compression soit plus énergique.

Les armatures sont placées le plus bas possible en laissant seulement au-dessous 4 centimètres de béton nécessaires pour protéger l'acier de l'oxydation.

Les fers de tension sont d'une seule longueur et terminés aux extrémités par des crochets (figure 50).

Il importe de respecter le dosage en ciment indiqué, toujours élevé. Les semelles en béton armé, très minces, travaillent en effet de façon toute différente des semelles épaisses en béton non armé dont le dosage est beaucoup plus maigre (cf. fig. 49).

## SEMELLE DE PILIER

Les semelles de piliers en béton armé procèdent du même principe que les semelles continues. On remarque cependant qu'étant liées invariablement au pilier, leur encastrement est assuré dans tous les cas et qu'il est possible de concevoir des semelles dissymétriques quand les circonstances l'exigent, mais qui nécessitent un calcul préalable.

**Semelle-dalle.** — Dans ce premier type (fig. 216) les efforts sont de même nature que dans la semelle d'un mur. Chaque tranche rayonnante de la semelle travaille comme un encorbellement renversé et doit être armé en conséquence : les fers de tension sont rayonnants et les fers de répartition concentriques. Une telle armature est dite *toile d'araignée* (fig. 220).

Les fers des piliers se retournent en crochets à l'intérieur de la semelle (fig. 218).

**Exécution d'une semelle-dalle.** — Le fond de la fouille étant nivelé et nettoyé, on étend une pre-

mière couche de 4 centimètres de béton qu'on répartit et qu'on pilonne régulièrement. On place l'armature de la dalle par barres isolées ; on accroche les étriers, s'il en a été prévu à l'armature inférieure, puis on dresse la carcasse du poteau et on la maintient verticales en l'étayant par des chevrons.

On coule le béton en enrobant complètement tous les fers et en respectant toutes les cotes prescrites, particulièrement celle d'épaisseur à la jonction avec le pied du poteau (a) fig. 218).

Les armatures secondaires : étriers, frettes, barres de compression, sont placées à mesure qu'on arrive à leur hauteur. Suivant le type adopté, tous ces fers ne sont pas indispensables, mais on doit s'astreindre à placer tous ceux portés par le dessin et à ne pas les déplacer pendant le damage.

Quand il existe plusieurs semelles semblables, on prépare sur l'établi, à l'avance, la toile d'araignée : les fers rayonnants sont disposés d'abord, maintenus par des pointes, et les fers concentriques sont coudés au gabarit. On ligature le tout ensemble.

Certains constructeurs assemblent en une armature rigide les fers du poteau et ceux de la semelle. Ceci présente quelques complications si les modèles différents de poteaux sont nombreux, mais on est ainsi assuré de la place exacte de chaque fer.

Semelle nervurée (fig. 217). — Le coffrage et l'armature de ce type sont plus compliqués que pour la précédente, mais le cube de béton employé

est moindre. L'économie n'est appréciable que pour des semelles plus grandes que 4 mètres carrés.

Le mode de travail est absolument différent : dans ce type les nervures placées aux angles du pilier agissent comme des consoles renversées : les fers de tension de ces consoles sont placés le plus bas possible tandis que les fers de compression sont situés immédiatement sous la face supérieure inclinée des nervures. L'existence d'étriers est inévitable.

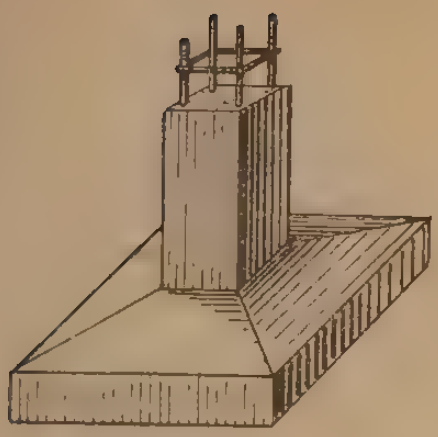
La dalle tendue entre les nervures est comparable à une dalle ordinaire à deux appuis, renversée, et non plus à un encorbellement comme dans le cas de la semelle-dalle : les fers de tension courent donc de nervure à nervure parallèlement au bord libre de la dalle et sont immédiatement sous la face supérieure. Les fers de répartition sont dans le sens perpendiculaire (fig. 219).

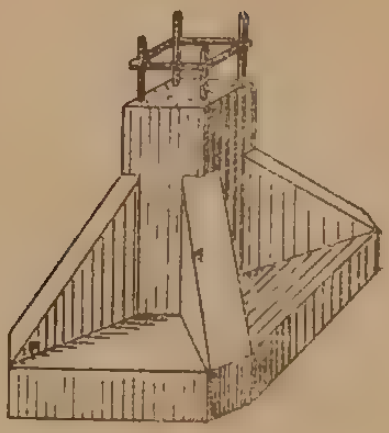
**Exécution d'une semelle nervurée.** — Après la coulée de la première couche, on place les fers de tension des nervures avec les étriers et on dresse l'armature du pilier.

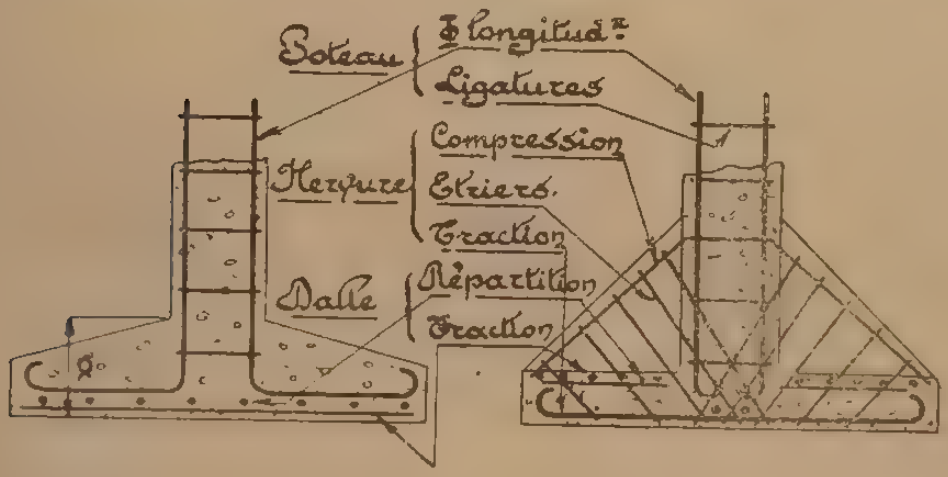
On coule une deuxième couche de béton en maintenant les étriers penchés vers l'extérieur. On place alors le quadrillage de la dalle : les fers de tension au-dessus des fers de répartition. Enfin on parfait l'épaisseur de la dalle par une couche de 3 centimètres de béton.

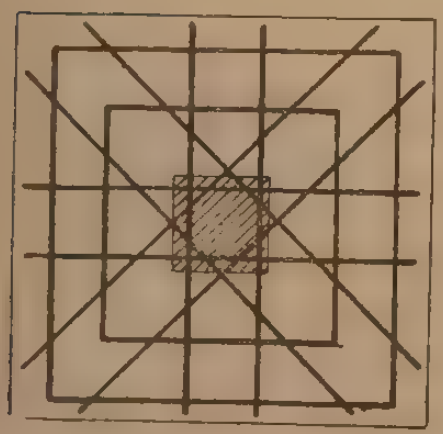
Sans attendre la prise, on coffre les nervures et on les coule.

Il est très commode dans le cas de ces semelles






Poteau
Φ longitud.ᵉˢ
Ligatures
Herpure
Compression
Etriers
Traction
Dalle
Répartition
Traction



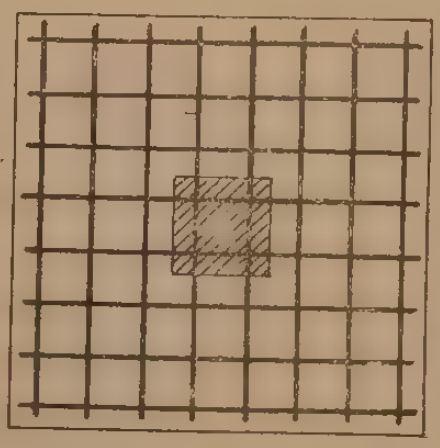


Fig. 216 à 221

de monter à l'avance une carcasse rigide comprenant les armatures des poteaux et des nervures de la semelle.

**Armature quadrillée.** — La plupart des constructeurs emploient dans les semelles une armature en forme de quadrillage (fig. 221), plus facile à préparer qu'une armature en toile d'araignée. C'est évidemment moins logique, mais on admet en pratique que les efforts se transmettent d'un fer à l'autre par l'intermédiaire du béton, et il n'en résulte pas d'inconvénient sérieux.

**Semelle allongée.** — Dans le cas de la semelle-dalle, les fers du quadrillage dans le sens le plus long sont placés au-dessous des autres.

**Semelle circulaire.** — Cette forme n'est logique que pour la semelle-dalle. Les fers de répartition sont circulaires ou polygonaux.

**Semelle en cône.** — La maison Considère a adopté un type de semelle conique et évidée qui pour de fortes charges procure de grands avantages au double point de vue de la répartition des efforts et de l'économie des matériaux.

## POTEAUX ET COLONNES

**Ferraillage.** — L'armature des poteaux est préparée avant l'exécution de la semelle.

Les barres longitudinales au nombre de 4 à 8, d'une seule longueur dans toute la hauteur de l'étage, viennent à recouvrement sur celles de l'étage supérieur. Dans les poteaux de sous-sol, ces barres descendent jusqu'à la face inférieure des

semelles où elles se retournent à l'angle droit suivant les diagonales. A la rencontre des poutres,

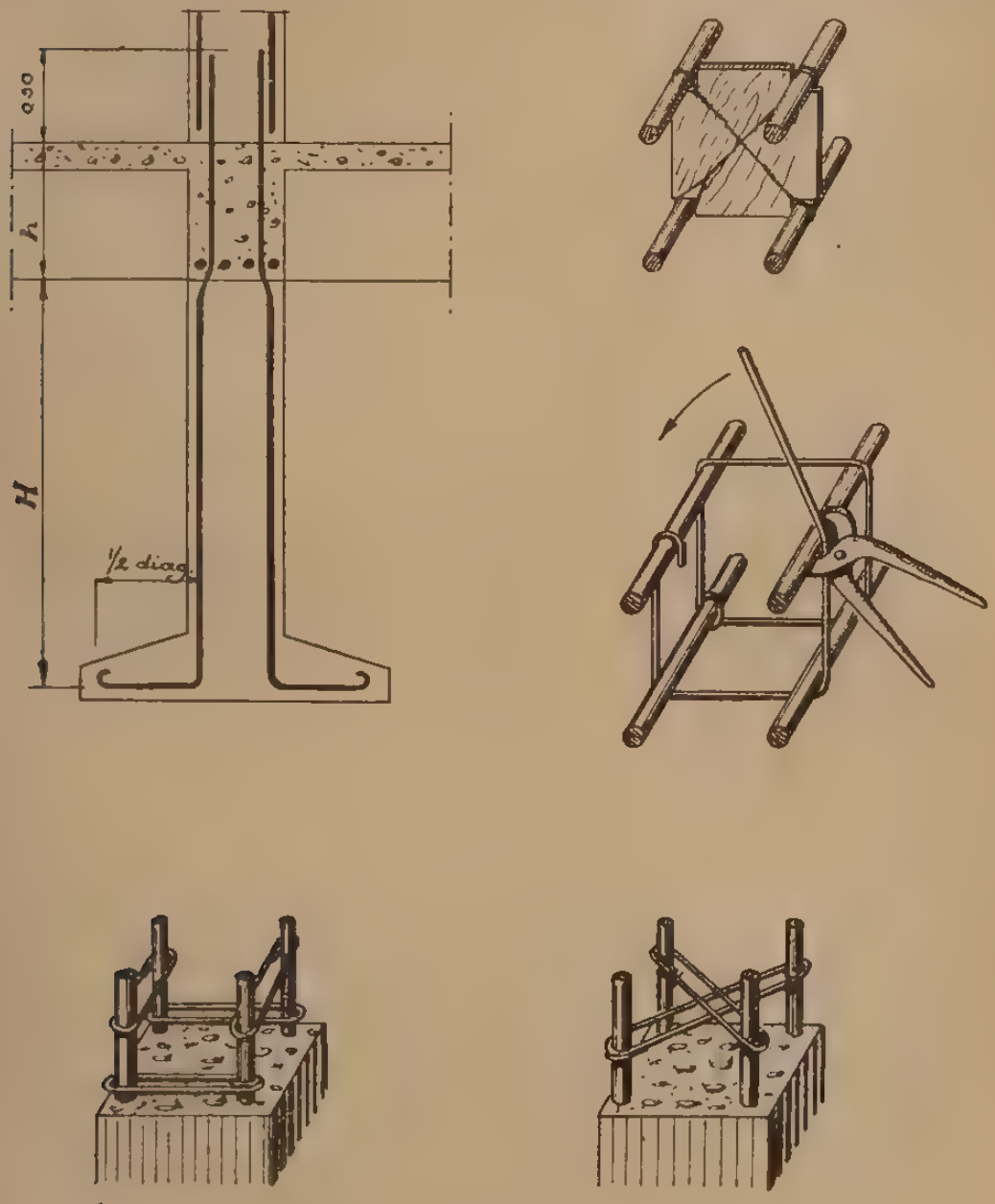



Fig. 222 à 226

ces barres sont coudées à la demande, de façon à ménager le libre passage des barres de tension

de ces poutres. La figure 222 indique la façon de déterminer la longueur des barres longitudinales en satisfaisant à ces diverses conditions.

Les frettes des poteaux sont en fer rond de 6 à 8 millimètres. A défaut de l'échantillon spécifié, on peut employer des fers de diamètre supérieur sans augmenter l'écartement ou des fers de diamètre inférieur en les rapprochant légèrement. Toutefois quand l'espacement indiqué descend au tiers de la largeur du poteau, il importe de respecter strictement les données du dessin

**Préparation des armatures.** — PREMIER PROCÉDÉ. — On confectionne une carcasse rigide constituée par les fers longitudinaux et par les frettes. Pour cela on pose sur deux chevalets les barres longitudinales préalablement coudées au gabarit (fig. 87), maintenues provisoirement à écartement à l'aide d'entretoises faites de simples chutes de planche portant des encoches au passage des barres et de fils de fer reliant les barres diagonalement opposées (fig. 223).

Les frettes sont coupées de longueur convenable, puis enroulées autour des barres longitudinales à l'aide d'une forte tenaille (fig. 224).

Par ce procédé l'armature est suffisamment rigide pour ne pas nécessiter d'attaches, mais les frettes ne doivent pas étrangler la carcasse en rapprochant les barres longitudinales, inconvénient qu'il est bien difficile d'éviter complètement.

DEUXIÈME PROCÉDÉ. — Les frettes sont coudées à l'avance au gabarit. On les enfile sur les barres longitudinales réunies en une botte et reposant

sur des chevalets. On les espace à distance convenable ; on écarte alors les barres longitudinales et on ligature les frettes sur chacune d'elles.

Ce procédé est légèrement plus long que le précédent, mais l'armature est bien plus régulière.

Troisième procédé. — Les barres longitudinales sont mises en place simplement maintenues par les entretoises, et les frettes ne sont descendues qu'à mesure de la coulée du béton ; elles ont été préalablement coudées au gabarit avec assez de jeu pour coulisser aisément sur les barres longitudinales. Ceci n'est pas un inconvénient pour la résistance de l'ensemble puisqu'il est démontré, au contraire, qu'il y aurait avantage à éviter le contact des fers.

Certains constructeurs remplacent les frettes par des agrafes qui relient les barres deux à deux (fig. 225), il faut quatre agrafes semblables, pour remplacer une frette ordinaire et il en résulte un supplément de dépense qui n'est que partiellement compensé par le meilleur résultat obtenu.

La disposition diagonale des agrafes (fig. 226) est très mauvaise parce que le but de celles-ci est avant tout d'enfermer le béton pour l'empêcher de s'épanouir latéralement.

Les frettes sont engagées par paquets et retenues de loin en loin par un crochet. Lors du bétonnage, le chef de chantier marque au crayon sur le coffre la place définitive de chaque frette et l'ouvrier bétonneur descend celles-ci en place à mesure de la coulée. Il n'en résulte aucune gêne pour

le pilonnage, aussi le procédé convient-il quand les ligatures sont très rapprochées ou encore quand on est obligé de couler le béton par le sommet. Dans ce dernier cas on détermine l'emplacement des ligatures en marquant les traits de repère non plus sur le coffre mais sur la tige du fouloir.

L'inconvénient du système est l'obligation de s'en rapporter entièrement à l'ouvrier bétonneur pour la mise en place des frettes.

**Frettage.** — La frette est constituée par un fil unique enroulé en spirale autour des barres longitudinales. On la façonne à l'aide d'un treuil de briqueteur dont le diamètre est légèrement inférieur à celui demandé pour les spires parce que l'élasticité du métal augmentera ce diamètre au sortir du tambour.

Le fil en couronne est placé sur une dévidoir et l'extrémité est accrochée à un ergot fixé sur la tranche du tambour. Un ouvrier tourne la manivelle tandis qu'un autre oblige le fil à s'enrouler en spires jointives. Quand le tambour est entièrement recouvert, on soulève sur ses coussinets et on coupe le fil qui se détend en facilitant l'enlèvement.

On a imaginé des tambours formés de secteurs indépendants à écartement variable de façon à pouvoir préparer des frettes de divers diamètres sans s'encombrer d'une multitude de tambours. En outre, quand l'enroulement est terminé on peut desserrer les secteurs pour faciliter l'enlèvement de la frette.

Pour monter la carcasse du poteau, on fixe les barres longitudinales avec des entretoises en bois. On engage la frette par une extrémité, les spires étant maintenues jointives ; on les écarte ensuite et on les ligature à leur place définitive.

Coffrage. — Le coffre d'un poteau se compose sur trois de ses faces de panneaux en planches de 50 millimètres rigoureusement rectangulaires et assemblées par l'un des procédés suivants :

1° Par simple clouage avec des pointes à chevrons espacées de 0 m. 25 et graissées. Des deux dispositions (fig. 227 et 228) la seconde est préférable parce que l'assemblage est plus résistant et qu'il n'est nécessaire d'ajuster qu'un seul des trois panneaux ;

2° Par blocage avec des serre-joints en fer ou en bois (fig. 229) ;

3° Par une combinaison des deux procédés : quelques pointes très espacées maintiennent le coffre pendant la mise en place et des serre-joints viennent ensuite renforcer l'assemblage. Ceux-ci sont surtout utiles au pied du coffre où la pression du béton est assez forte ; il est à remarquer que cette pression augmente avec la fluidité du béton et avec la hauteur, mais reste par contre complètement indépendante de la section du poteau ;

4° Par une foule d'autres combinaisons de serre-joints, traverses, coins, boulons (fig. 230) serrant le poteau sur les quatre faces.

Le coffre est dressé le lendemain de la coulée de la semelle. Il enferme sur trois faces la carcasse

qui est déjà emprisonnée dans le béton de la semelle. On le consolide par quelques tasseaux cloués sur la quatrième face ; on cale le pied par des chevrons et le sommet par des arcs-boutants

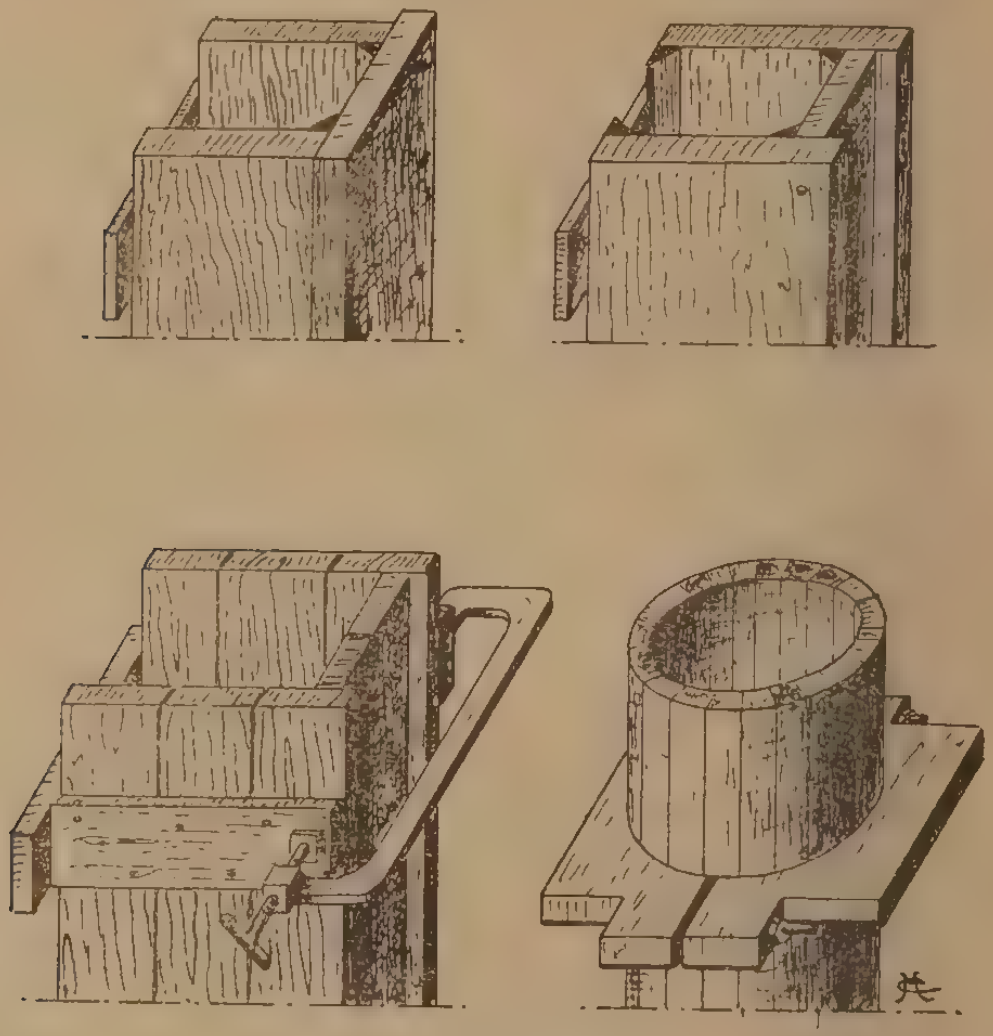


Fig. 227 à 230

Un moyen plus commode qui assure à la fois l'alignement, le calage et la verticalité, consiste à monter un échafaudage composé de files perpendiculaires de madriers qui enserrent le pied et la tête des poteaux (fig. 232).

On vérifie l'alignement et la rigoureuse verticalité de deux faces consécutives cette dernière opération étant particulièrement délicate.

Le sommet du coffre affleure au niveau de la face inférieure des poutres qui viendront coiffer le poteau. Si ces poutres n'ont pas toutes même hauteur, on arrête les panneaux à des niveaux dif-

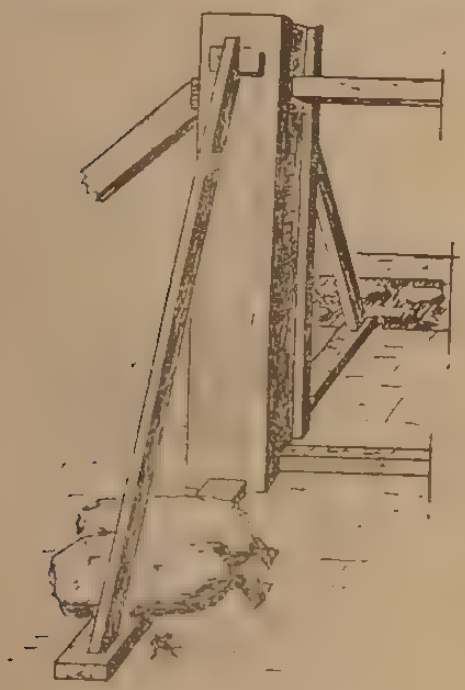


Fig. 231

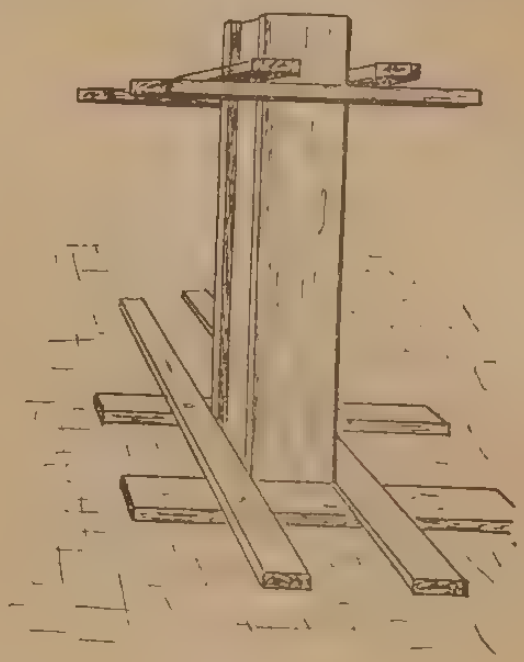


Fig. 232

férents. On choisit comme face ouverte du coffre celle qui facilite le mieux le bétonnage (fig. 235 et 236).

Les arêtes des poteaux sont souvent abattues : l'aspect y gagne en même temps que les angles deviennent moins fragiles et le décoffrage plus facile. Ces chanfreins sont ménagés par des liteaux triangulaires (fig. 228) qu'on arrête par une coupe biaise à 0 m. 40 du sol et 0 m. 20 des poutres.

Bétonnage. -- 1° BÉTONNAGE PAR UNE FACE. — On déverse le béton à la truelle et on pilonne avec un fouloir placé à l'intérieur de la carcasse et qu'on saisit au travers des frettes. L'opération est très fatigante lorsque les frettes trop rapprochées obligent à manœuvrer le pilon par le seul mouvement du poignet. Le tassement du béton est facilité en frappant à l'extérieur avec une petite masse en bois.

A mesure de la coulée on ferme la quatrième face du poteau par des planchettes qui dépassent légèrement sur l'un des côtés du coffre (fig. 237-238). On retire les entretoises en bois au fur et à mesure qu'on les rejoint et on les met de côté pour un prochain usage ; cette pratique permet aussi de contrôler en fin de travail qu'elles n'ont pas été oubliées dans le béton.

Le béton est arasé à la face inférieure de la première poutre rencontrée. La verticalité et le serrage sont de nouveau vérifiés.

Dès le lendemain, on fait sauter quelques planchettes pour se rendre compte de la qualité du travail. Le béton ne doit présenter aucun vide: les petites cavités sphériques à parois d'un gris uniforme sont dues à un excès d'eau ; les trous irréguliers où les gravillons apparaissent sont l'indice d'un pilonnage insuffisant.

Les arcs-boutants sont laissés en place tant qu'ils ne gênent pas la suite du travail

2° BÉTONNAGE PAR LE SOMMET. — On introduit le béton par le haut du coffre et on dame avec

un fouloir à long manche en veillant à ne pas heurter les armatures.

Au préalable on envoie une chasse d'eau qui évacue les malpropretés par un orifice de nettoyage laissé au pied du coffre et qu'on referme ensuite.

3° Procédé mixte. — Quand les ligatures sont très rapprochées, on use d'une méthode excellente qui réunit les avantages des deux précédentes : le béton est introduit sur le côté par un ouvrier qui surveille en même temps la marche de l'opération tandis que le damage est opéré du sommet par un deuxième ouvrier.

**Décoffrage.** — Le décoffrage des poteaux n'a lieu qu'après celui des poutres, c'est-à-dire trois semaines au moins après la coulée.

La quatrième face est décoffrée instantanément : les petites planchettes étant arrachées d'un simple choc du marteau. Les panneaux des autres faces sont retirés séparément ; s'ils sont bloqués trop énergiquement, on introduit dans les joints des coins qu'on chasse à la masse en bois.

**Poteau polygonal convexe.** — Après le carré la forme la plus courante est l'octogone qui se prête très bien au frettage tout en étant de coffrage plus facile que la colonne cylindrique.

Le procédé le plus pratique consiste à monter un coffre carré et à limiter les quatre autres faces par des liteaux d'angle de dimensions convenables (fig. 233).

**Poteau polygonal concave.** — Ce type trouve son application lorsqu'il est nécessaire de mettre les

poteaux au même nu que les poutres afin de les dissimuler dans l'épaisseur de cloisons de remplissage.

Le principe du coffrage est le même que précédemment : on établit un coffre convexe à l'intérieur duquel on place des cloisonnements ou des noyaux (fig. 235 et 236).

Ces figures donnent aussi la manière de confectionner une carcasse rigide avec les armatures.

**Colonne cylindrique.** — Le coffre est formé de liteaux $0{,}01 \times 0{,}03$ juxtaposés et serrés par des colliers en bois espacés de 0 m. 50 réunis par des boulons (fig. 230).

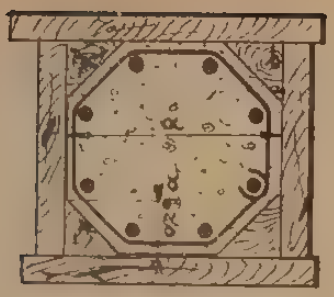
Pour le bétonnage on laisse dans toute la hauteur une fente de largeur suffisante ; on coule à chaque fois l'intervalle entre deux entretoises consécutives que l'on ferme par des éléments de liteaux de longueur convenable. Si la colonne a moins de trois mètres de hauteur il est plus commode de fermer entièrement le coffre et de bétonner par le sommet.

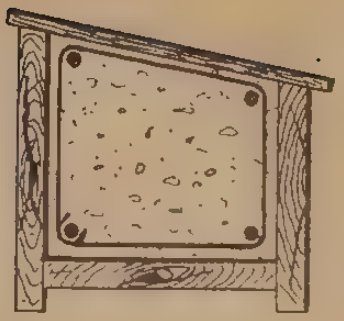
Enfin on emploie aussi des moules métalliques qui procurent une grosse économie de main-d'œuvre tout en donnant une surface plus régulière.

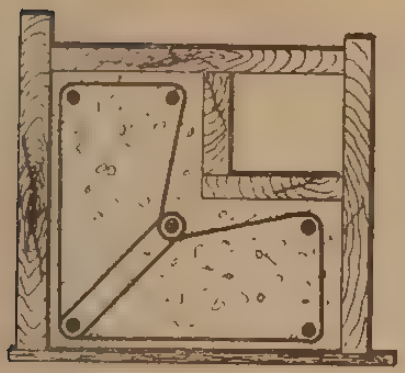
**Poteau accolé à un mur.** — Le mur fait office de coffrage sur l'une des faces et on bétonne par la face opposée.

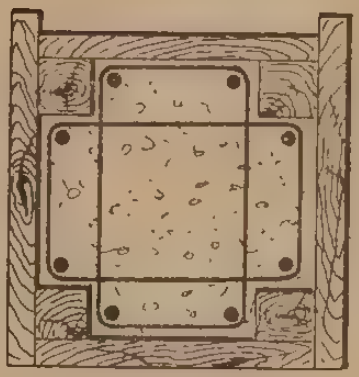
Les deux panneaux latéraux sont entretoisés par quelques traverses dont on ménage le logement dans l'épaisseur du mur (fig. 237).

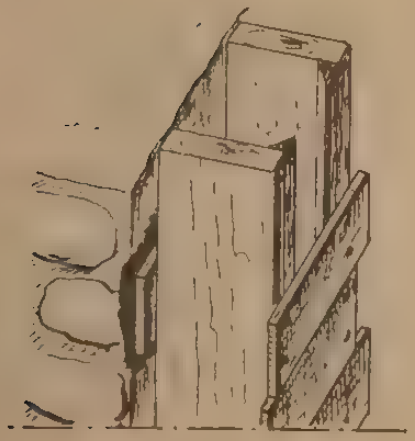
**Poteau à l'angle de deux murs.** — Les deux faces

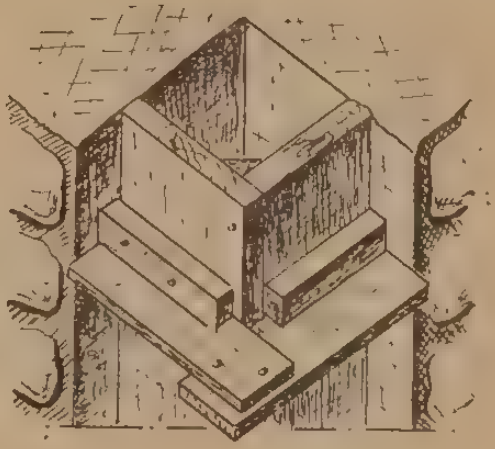












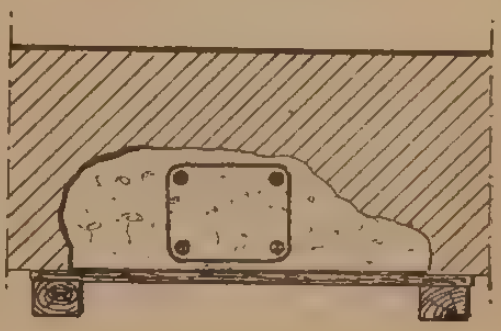


Fig. 233 à 240

libres sont coffrées par des panneaux de 50 millimètres, et l'angle est consolidé par des équerres en bois (fig. 238).

**Poteau encastré dans un mur existant.** — PREMIER PROCÉDÉ. — On démolit le mur sur la largeur nécessaire pour monter un coffre ordinaire (fig. 239). La section du poteau est régulière ce qui présente un gros intérêt quand on doit par la suite démolir le mur.

DEUXIÈME PROCÉDÉ. — On pratique dans le mur une saignée de section irrégulière mais au moins égale à celle du poteau. L'armature est mise en place et le béton est coulé dans tout l'espace vide qu'on coffre comme l'indique la figure 240.

Le procédé est économique, consolide le mur et n'apporte aucune gêne sur l'autre face. Le seul inconvénient est celui signalé au paragraphe précédent.

**Poteau creux.** — Sauf pour de forts équarrissages, il n'y a pas ici la même économie qui fait adopter les poteaux évidés dans la construction métallique. La diminution de cube de béton pour des sections en T en I ou en O serait plus que compensée par la complication du coffrage et du ferraillage.

Il est parfois commode de masquer les canalisations en les faisant passer à l'intérieur des poteaux et ceci semble particulièrement facile dans le cas du béton armé en noyant simplement les tuyaux à l'intérieur du béton pendant la coulée.

Cette façon de procéder est très défectueuse

parce qu'il peut survenir des fuites par usures, par oxydation ou par défaut des joints. Le béton étant perméable à l'air, au gaz, à l'eau et à l'électricité, il en résulterait des fuites auxquelles il serait impossible de remédier.

Un premier procédé consiste à ménager le vide intérieur avec un tuyau en tôle ou en zinc qu'on abandonne dans la masse ; la canalisation elle-même est libre à l'intérieur de ce tuyau. Le plomb est à éviter dans les parcours verticaux trop longs où il serait impossible de placer des collier.

Un deuxième procédé plus commode pour les canalisations de petit diamètre consiste à les fixer dans une feuillure ménagée entre le coffre et les frettes.

L'évidemment du poteau est compensé par une augmentation convenable de l'équarrissage, de façon à conserver la section totale prévue.

**Renforcement d'un poteau.** — Il arrive fréquemment qu'on ait à renforcer un poteau en fer, en fonte ou en béton armé. L'enlever pour le remplacer par un autre est une opération difficile et dangereuse et un moyen plus élégant consiste à fretter le poteau primitif par du béton armé (fig. 241).

Non seulement le béton prend une partie de la charge mais encore il donne de la rigidité à la colonne primitive, l'empêche de flamber en augmentant de ce fait considérablement sa résistance propre.

Pour l'exécution les barres longitudinales sont dressées et les ligatures attachées sur place. Le

coffre comporte seulement deux panneaux coincés en haut et en bas. Le béton est introduit par les deux autres faces qu'on ferme par des planchettes. On soulage la colonne en maintenant les poutres par des vérins pendant la période de durcissement du béton de façon que celui-ci prenne une partie de la charge dès l'enlèvement des appareils.

## POUTRE RECTANGULAIRE

**Coffrage.** — La mise en place des coffres des poutres ne doit être commencée que deux jours après bétonnage des poteaux, encore convient-il de ne pas appuyer d'échelle sur ces poteaux et de n'y pas enfoncer de clous.

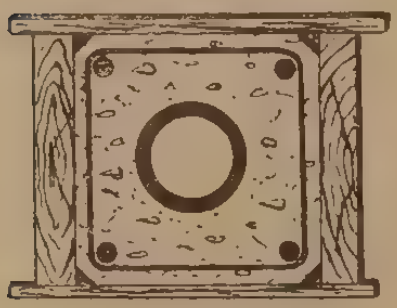


Fig. 241

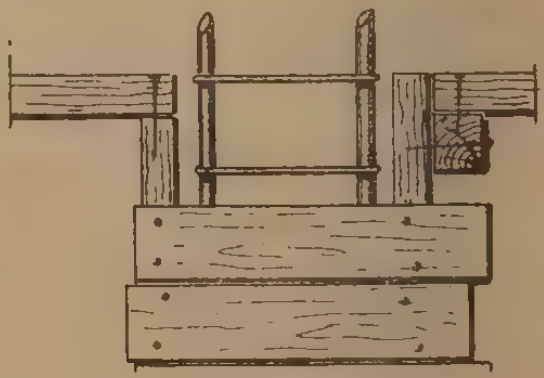


Fig. 242

Le coffre d'une poutre se compose de :

Un *sommier* ou *lit* fait d'une planche de 50 millimètres d'épaisseur et de largeur égale à celle de la poutre (fig. 243).

Deux *joues* en panneaux de planches de 27 millimètres, rabotées et assemblées par des traverses clouées.

On fait reposer le sommier par ses extrémités

sur deux tasseaux cloués au sommet des coffres de poteau (fig. 242 à droite). La disposition de gauche de la figure doit être proscrite à cause des difficultés au décoffrage.

On tire au cordeau l'axe de la poutre, on aligne le sommier et on le cloue aux extrémités. On le soutient de distance en distance par des chandelles en vérifiant que les semelles en soient bien d'aplomb et que les coins ne soient pas oubliés.

La distance entre chandelles varie avec le poids à supporter et avec l'épaisseur des sommiers. Avec l'épaisseur usuelle de 50 millimètres, il ne faut pas dépasser 1 m. 30 d'écartement entre les étais. En orientant les chapeaux de chandelles dans le sens de la poutre (fig. 241) on pourrait augmenter cet écartement sans diminuer la portée libre du sommier, mais cependant la disposition où le chapeau est en travers du sommier (fig. 243) est préférable pour la fixation des joues.

On cloue le sommier sur tous ses appuis, on règle son niveau en enfonçant plus ou moins les coins au pied des étais tout en leur conservant une course de plusieurs centimètres pour pouvoir parer à une flexion anormale en cours de travail.

Parfois on donne au sommier une contre-flèche de 1/200 de la portée de façon à contrebalancer la flexion permanente des poutres sous leur propre poids et surtout le tassement inévitable lorsque les étais reposent sur un sol naturel.

On apporte ensuite les panneaux latéraux qui sont de 2 à 5 centimètres plus hauts que la poutre à construire. Cette tolérance de 3 centimètres en hauteur est très précieuse parce qu'il est toujours

possible de trouver dans ses approvisionnements des planches qui, juxtaposées, donneront la hauteur désirée pour le panneau sans qu'il soit nécessaire de les refendre ni de les entailler au passage des chapeaux d'étais.

On amène les panneaux à bonne hauteur en glissant des cales qui les soulèvent sur les chapeaux d'étais ; on les fixe solidement au sommier par des clous et on les réunis provisoirement par des traverses clouées sur le champ supérieur (fig. 243).

Ce mode de fixation serait tout à fait insuffisant pour résister à la poussée du béton aussi doit-on contreventer solidement par un des moyens suivants :

1o On cloue une *dosse* maintenue tous les mètres par une entretoise ou par un arc-boutant (fig. 244) ;

2o S'il n'existe pas d'appuis proches de la poutre il est plus commode d'arc-bouter les panneaux sur la tête même des étais (fig. 243).

3o On donne plus de rigidité aux joues en employant pour leur construction des planches de 50 millimètres ou encore en remplaçant la dosse par un madrier cloué de champ (fig. 243).

Pour de longues poutres le sommier est formé de plusieurs planches assemblées bout à bout par un couvre-joint cloué sur la face inférieure. Les joues sont également en plusieurs pièces qui, à l'inverse du sommier, sont plus faciles à poser séparément.

Comme pour les poteaux on ménage souvent des chanfreins suivant les arêtes inférieures des poutres au moyen de liteaux triangulaires (fig. 243 et 244).

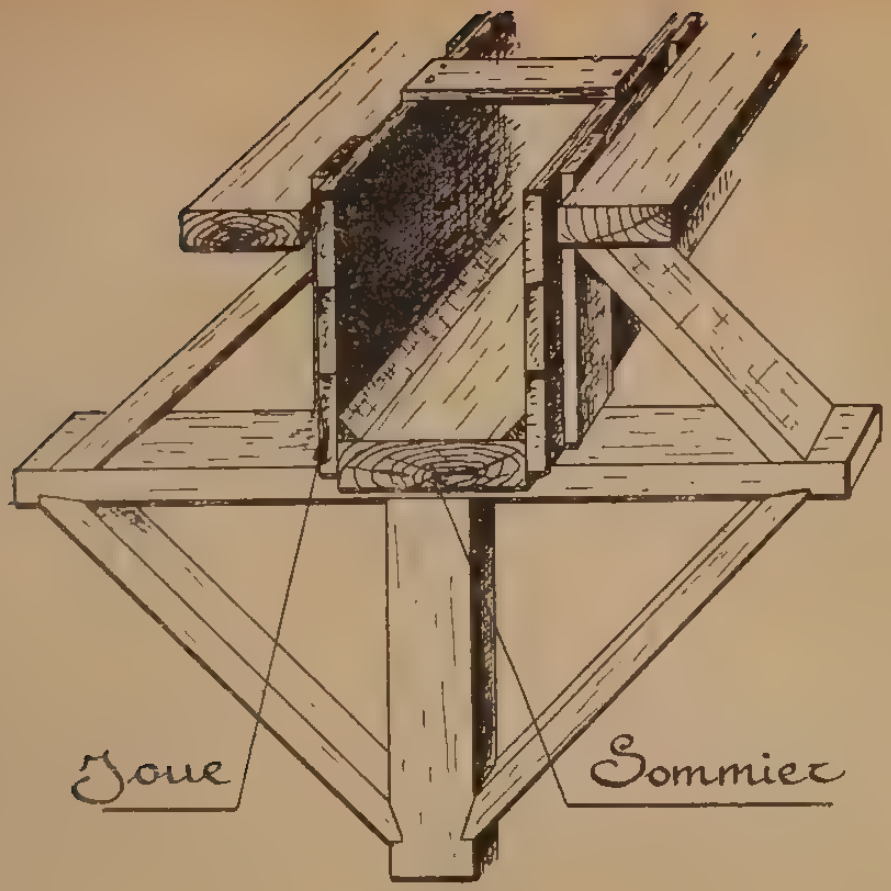



Fig. 213

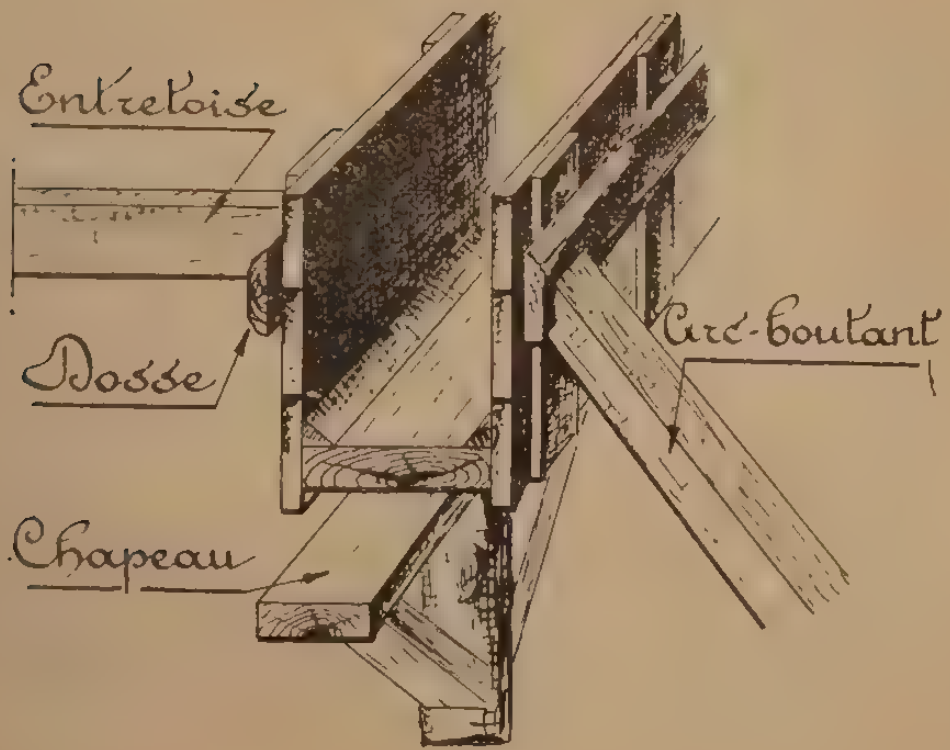
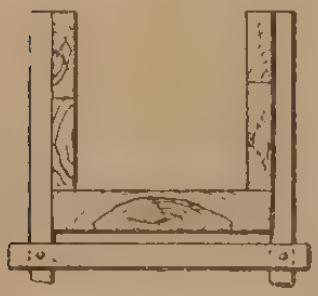



**Fig. 244**

**Autres dispositifs de coffrage.** — Il existe de nombreux dispositifs différents du précédent :

La figure 217 montre un moyen de serrage par boulons traversant le coffre et qu'on peut utiliser pour soutenir les fers de tension. Il ne faut pas oublier de retirer ces boulons dès que le béton est suffisamment dur pour se maintenir sans l'aide des joues. Le procédé n'est pas applicable aux dalles nervurées où les panneaux latéraux servent



F g. 245

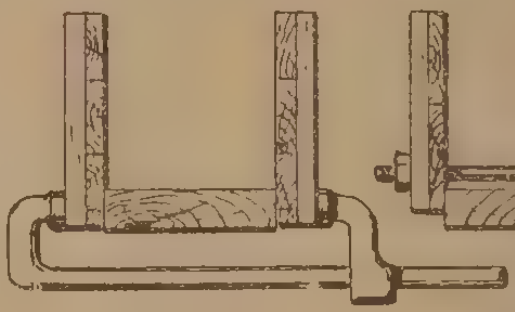


Fig. 246

Fig. 247

d'appui au coffre de la dalle et supportent de ce fait des poids importants.

La figure 216 donne un mode de serrage par serre-joints assez peu employé.

La figure 215 montre un mode de fixation par l'intermédiaire de traverses assez séduisant puisque au décoffrage on risque tout au plus de détériorer ces traverses. Commode dans le cas d'une poutre rectangulaire, ce dispositif est mauvais pour une dalle nervurée parce qu'il rend le décoffrage des joues impossible avant celui du sommier. Le cas de poutres rectangulaires isolées étant rare, il est préférable pour éviter toute méprise de ne jamais employer ce système.

**Ferraillage.** — Il est possible de monter l'armature d'une poutre par trois procédés différents :

1° MONTAGE DANS LES COFFRES. — Cette méthode n'est pas pratique dans le cas général où l'accès du coffre est facile par la face supérieure, mais elle est parfois la seule possible quand les formes sont tourmentées ou quand les armatures d'éléments voisins déjà en place empêchent d'employer un autre procédé.

On place en travers du coffre des traverses faites de chutes de ronds de 15 à 20 millimètres (fig. 248 et 249), espacées de 1 mètre et auxquelles on suspend provisoirement à l'aide de fil de fer recuit les barres de tension, crochets tournés vers le haut. Ces barres ne sont pas à leur place définitive, mais assez hautes pour pouvoir être atteintes à la main. Les barres de compression, au contraire, sont suspendues à leur place exacte.

On déroule un décamètre à ruban le long du coffre à partir du bord d'un des appuis de la poutre et, tandis qu'un ouvrier lit sur le dessin les abscisses (1), un second marque à la craie sur la tranche d'un panneau l'emplacement des rangs successifs d'étriers.

On prend les étriers un à un, on entr'ouvre leurs branches pour embrasser les fers de tension et on les suspend aux fers de compression sur lesquels on les ligature (fig. 249). On répartit les étriers d'un même rang de part et d'autre de la position moyenne marquée à la craie (fig. 252).

1. Se reporter au chapitre « Lecture d'un dessin ».

On descend alors les fers de tension de la rangée inférieure à leur place définitive et on les y maintient, soit par des fils de fer, soit par quelques étriers ajustés à longueur exacte.

On descend de la même façon les fers de la deuxième rangée qu'on maintient séparés de la première par quelques cales faites de chutes de ronds de 20 millimètres ligaturées sur les deux rangées de fers (fig. 250 et 251).

2° MONTAGE D'UNE ARMATURE SEMI-RIGIDE. — Ce procédé de ferraillage est plus rapide et plus exact que le précédent.

On dispose quelques courtes barres de 20 millimètres enfoncées horizontalement dans un mur ou posées sur des trépieds (fig. 252 et 253).

On aligne dessus les barres de compression auxquelles on suspend par quelques étriers les barres de traction ; on maintient l'écartement par de solides ligatures. On repère l'emplacement des étriers en posant sur les supports une règle sur laquelle les marques à la craie ont été reportées comme dans le cas précédent (fig. 252). On accroche tous les étriers qu'on ligature aux fers de traction inférieurs.

Quand on est certain de ne pas commettre d'erreur dans l'écartement des fers de tension et de compression, on ligature les étriers à la fois sur ces deux fers. Les étriers trop longs (ce qui n'est pas un inconvénient) sont inclinés vers les appuis (figure 29)

Les barres de tension de la deuxième rangée

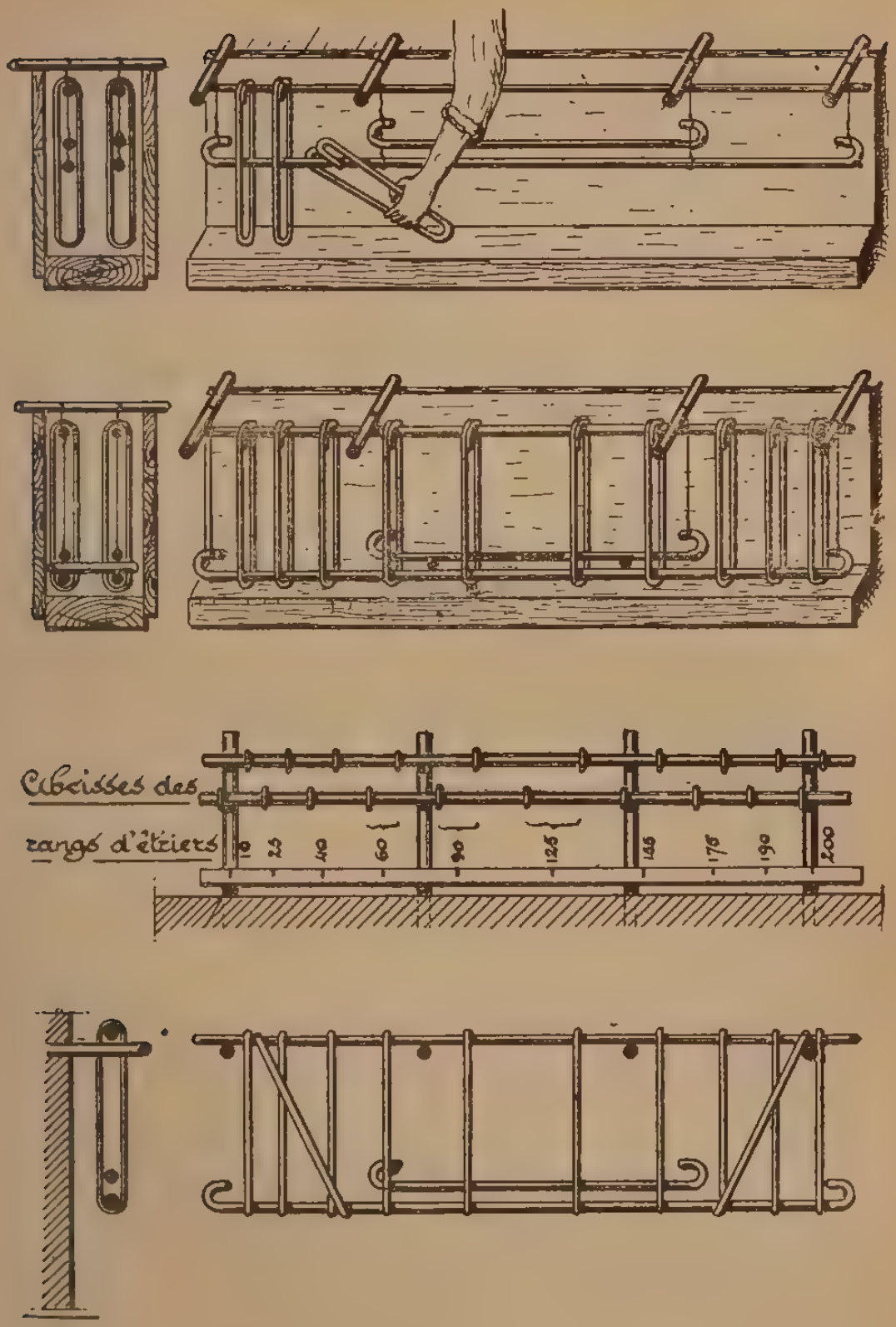



Fig. 248 à 254

sont enfilées par une extrémité et ligaturées seulement de loin en loin.

L'armature ainsi montée est assez rigide pour être descendue d'une pièce dans le coffre.

Les chapeaux ne sont placés qu'au moment du bétonnage.

Si les barres de compression sont trop faibles pour soutenir le poids de l'armature au montage, on les double de fers plus forts non ligaturés et qu'on retire quand le bétonnage arrive à leur niveau.

3° MONTAGE D'UNE ARMATURE RIGIDE. — Ce montage peut se faire de diverses façons. En particulier on donne une rigidité complète à l'armature en disposant quelques étriers inclinés en sens opposés (fig. 254).

On peut aussi supprimer les ligatures en serrant les étriers sur les gros fers au marteau ou à la presse.

Bétonnage. — On coule d'abord une première couche qui vient recouvrir la rangée inférieure des fers de tension et on vérifie que les étriers ne se sont ni déplacés ni inclinés à contre-sens. Le béton tend en effet à pousser les étriers dans la direction où il s'écoule, aussi doit on progresser pour le bétonnage des appuis vers le centre de la poutre si les étriers ne sont liés qu'à la barre supérieure et du centre vers les appuis quand ils ne sont attachés qu'à la barre inférieure. Quand les étriers sont liés aux deux extrémités cette sujétion disparaît mais on a vu qu'il fallait alors

surveiller l'ajustage exact de la hauteur de l'armature.

Le coffre est rempli par couches successives de 10 centimètres. En arrivant au sommet on veille à ce que les fers de compression soient parfaitement enrobés et à ce qu'ils conservent leur place normale très proche de la face supérieure.

## POUTRE DE HAUTEUR VARIABLE

L'exécution de cette poutre offre peu de différence avec celle d'une poutre rectangulaire.

Fig. 255

**Coffrage.** — Chaque joue de la poutre est limitée vers le haut par une ligne géométrique : ligne brisée, cercle ou parabole. Ce dernier cas est rare car pour des portées inférieures à 20 mètres on remplace en pratique cette courbe par un cercle. Le tracé des courbes est décrit plus loin à propos des arcs.

**Ferraillage.** — Les fers de tension sont rectilignes (fig. 255). Les fers de compression adoptent la courbure de l'extrados sans qu'il soit nécessaire de les cintrer au gabarit parce qu'ils sont toujours de petit échantillon.

Il semble que le travail des étriers soit plus difficile à cause de la variation de hauteur de la poutre. Cependant, si la hauteur au milieu ne dépasse pas 1,3 fois la hauteur à l'extrémité, on ajuste tous les étriers de hauteur égale de manière à se tenir verticaux au milieu de la poutre. Il en résulte qu'à la mise en place, l'inclinaison augmente à mesure qu'on se rapproche des appuis où elle peut atteindre 40° (fig. 255).

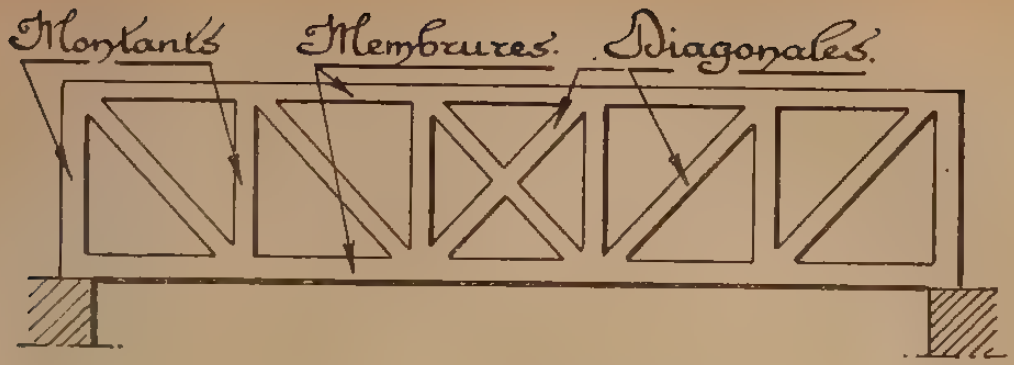
C'est précisément la disposition la plus favorable à la résistance au cisaillement qui se réalise d'elle-même ici et que seule la difficulté d'exécution retient d'employer dans les poutres rectangulaires.

**Bétonnage.** — Le béton est gâché assez serré de façon à se maintenir dans le coffre sans qu'on ferme la face supérieure.

## POUTRE TRIANGULÉE

Une poutre triangulée pouvant affecter des formes et des dimensions très variables, il n'est pas possible de donner ici un procédé général d'exécution. Ces poutres employées pour les ponts et les charpentes franchissent de larges espaces à grande hauteur aussi sont-elles plus onéreuses par leur coffrage et leur soutènement que par les matériaux qui les constituent. L'économie résulte donc surtout d'une conception judicieuse de la méthode d'exécution.

Pour les ouvrages d'art, la recherche des procédés de mise en œuvre est parfois plus labo-



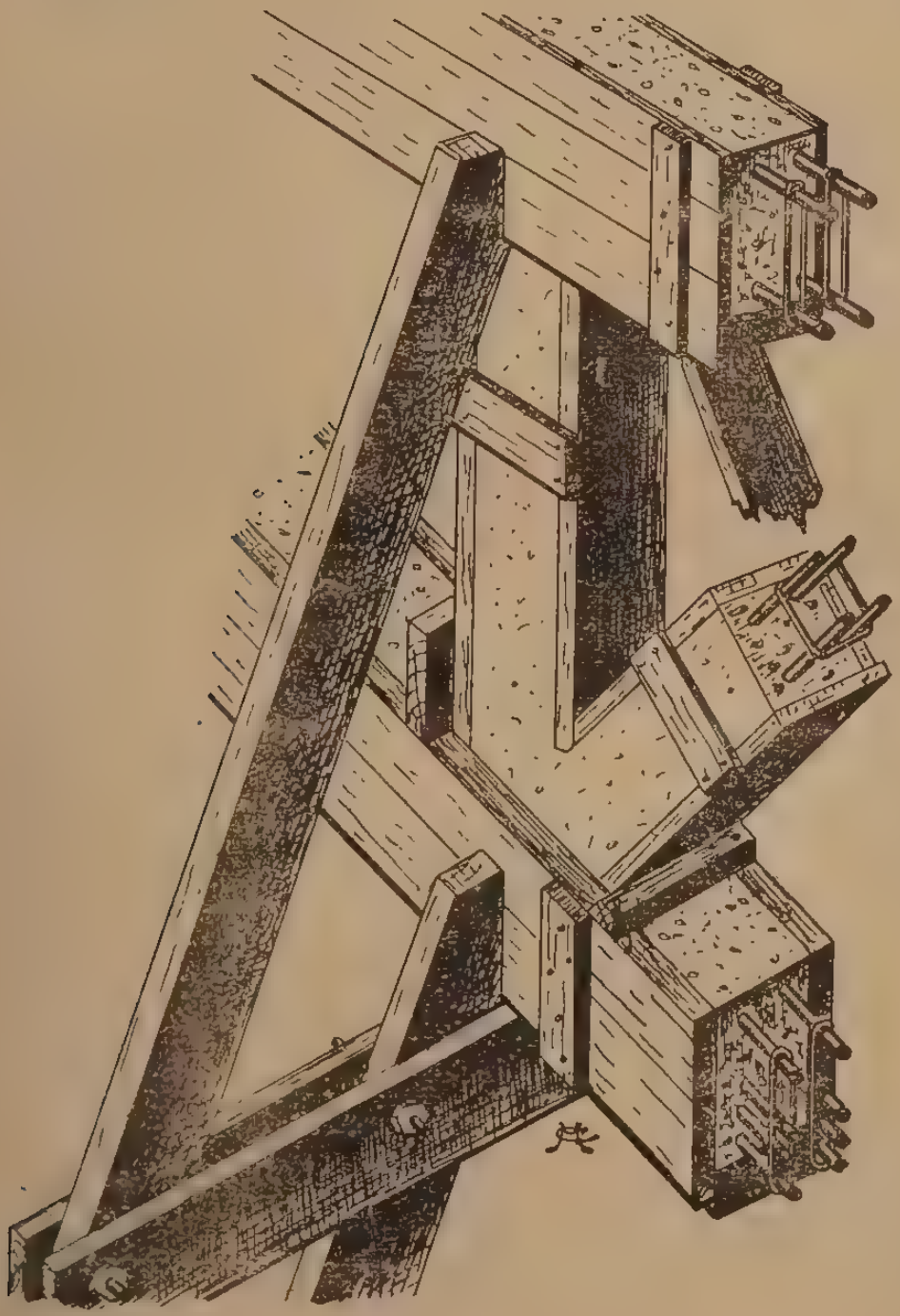



Fig. 256 et 257

rieuse que l'établissement du projet lui-même, aussi n'en faut-il jamais laisser le soin au chef de chantier. L'auteur du projet technique est le mieux qualifié pour cette étude et les frais qu'elle entraîne sont largement compensés par la rapidité et la précision du travail.

**Coffrage et ferraillage.** — Il n'est souvent pas possible de conduire chacune des trois opérations de coffrage, ferraillage et bétonnage séparément et dans cet ordre. Du moins, puisque le bétonnage souffre seul d'un arrêt, peut-on sans inconvénient alterner les deux autres opérations à condition qu'on puisse toujours accéder aux coffres pour le nettoyage et le bétonnage.

Quand on se trouve obligé de bétonner en plusieurs fois, il faut éviter tout ébranlement aux parties déjà coulées et pour cela, monter dès le début tout le gros-œuvre du coffrage (échafaudage et étaiement). L'ajustage après coup des panneaux ne produit pas de chocs violents ni de vibrations capables de nuire au béton en cours de prise.

Le coffre de la membrure inférieure reçoit tout le poids, aussi est-il construit très solidement en madriers et en planches épaisses. Les éléments de la poutre sont étayés et contreventés par des pièces de bois d'équarrissage proportionné au poids de l'ouvrage.

Ces poutres étant souvent isolées loin de tout point d'appui, les étais sont forcément longs et sujets au glissement et au flambage. On les place symétriquement de chaque côté de la poutre en

les reliant au pied par une semelle commune et en les moisant de distance en distance (fig. 257).

Enfin, pour réduire au minimum le nombre des étais, on raidit les coffres des membrures par des madriers cloués de champ sur les joues (Cf. fig. 243) ce qui permet de ne dresser de batteries d'étais qu'aux nœuds d'attache des membrures avec les montants et les diagonales (fig. 256).

Il est nécessaire que ces madriers de champ soient solidement cloués sur les coffres qu'ils renforcent parce que si ces pièces pouvaient fléchir indépendamment en glissant l'une sur l'autre, la résistance serait illusoire ; elles doivent, au contraire, travailler comme une poutre unique en T où les clous résistent au cisaillement longitudinal.

Dans les cas usuels, la marche suivante des opérations est la plus commode :

On monte l'échafaudage entier jusqu'au sommet de la poutre ; on coffre les faces inférieure et latérales de la membrure inférieure en ménageant des trous de nettoyage ; on ferraille cette membrure ; on ferraille les montants et les diagonales ; on coffre ces éléments comme des poteaux ordinaires ; on dispose les étais de la membrure supérieure ; on la coffre et on la ferraille.

**Bétonnage.** — On nettoie les coffres et surtout celui de la membrure inférieure où se sont accumulés les copeaux et la poussière. On bétonne cette membrure et on ferme la face supérieure avec des planchettes ; on bétonne les diagonales et les montants et on termine par la membrure supérieure.

**Goussets.** — Les goussets sont les renforts placés, près des appuis, à la partie inférieure des poutres dans le but d'augmenter la résistance à l'encastrement. Ils n'existent donc pas dans les poutres à appuis libres et sont assez rares dans le cas de poutres rectangulaires isolées où un calcul judicieux permet de les éviter.

La présence de goussets complique un peu le coffrage et le ferraillage. Le sommier épouse la

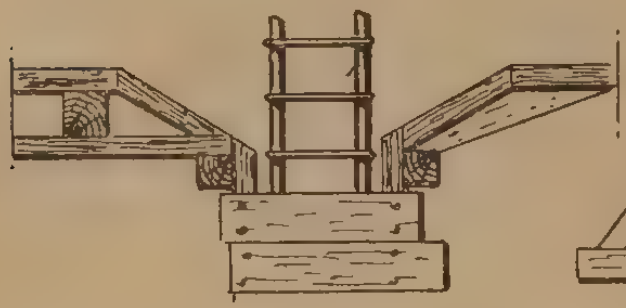


Fig. 258

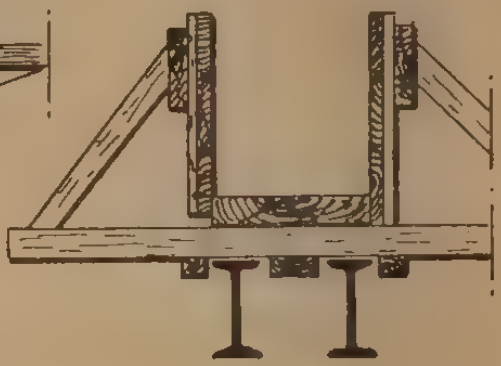


Fig. 259

forme de la face inférieure du gousset et pour le mettre en place d'une pièce, il faut assembler les parties inclinées des deux extrémités (fig. 258). Les joues sont plus hautes près des appuis mais cette sujétion ne présente pas de difficulté spéciale.

**Coffrage sans étais.** — Il arrive parfois qu'on ne puisse établir d'étais, soit que la nature, la résistance ou l'éloignement du sol rendent l'opération difficile, soit qu'on veuille laisser la libre circulation sous le coffrage.

Connaissant la portée maximum à franchir, le

## TABLEAU XII

| PORTÉE en mètres | POIDS PAR MÈTRE COURANT A SOUTENIR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 200 kg. | 400 kg. | 600 kg. | 800 kg. | 1.000 kg. | 1.200 kg. |
| 2 | 2 6,5/18 | 2 6,5/18 | 2 6,5/18 | 2 6,5/18 | 2,8/20 | 2 8/20 |
| 3 | 2 6,5/18 | 2 6,5/18 | 2 8/20 | 2 P.N.12 | 2 P.N.12 | 2 P.N.14 |
| 4 | 2 6,5/18 | 2 P.N.10 | 2 P.N.12 | 2 P.N.14 | 2 P.N.15 | 2 P.N.16 |
| 5 | 2 P.N. 10 | 2 P.N.12 | 2 P.N.15 | 2 P.N.16 | 2 P.N.18 | 2 P.N.20 |
| 6 | 2 P.N.12 | 2 P.N.14 | 2 P.N.16 | 2 P.N.18 | 2 P.N.20 | 2 P.N.22 |
| 7 | 2 P.N.12 | 2 P.N.16 | 2 P.N.20 | 2 P.N.22 | 2 P.N.24 | 2 P.N.24 |
| 8 | 2 P.N.14 | 2 P N.18 | 2 P.N.20 | 2 P.N.22 | 2 P.N.25 | 2 P.N.26 |

tableau XII indiquera les bois et les fers d'échantillons commerciaux capables de supporter en toute sécurité les poids du coffrage et du béton (fig. 259).

Pour l'évaluation de ceux-ci, on comptera la densité du béton (y compris les armatures) pour 2.500 kilogrammes le mètre cube et celle du sapin 500 kilogrammes.

On augmente considérablement la résistance du pont en clouant solidement le sommier du coffre sur les madriers qui le supportent et les joues sur le sommier parce qu'on intéresse ainsi tout le coffre à la résistance à la flexion.

**Ouvertures ménagées dans les poutres.** — Quand les vides sont superficiels, on les réserve en introduisant dans le coffre une planche, un madrier ou un chevron raboté fixé par quelques pointes.

Quand les ouvertures sont importantes, il faut se préoccuper de la diminution de résistance qui en résulte pour la poutre et l'auteur du projet est seul qualifié de décider ce qu'il y a lieu de faire.

Quand la poutre est traversée de part en part par des trous de diamètre inférieur à 5 centimètres, l'affaiblissement est minime si ceux-ci sont situés dans le tiers moyen de sa hauteur. On ménage ces trous par des bouchons coniques en bois qu'on retire après dessiccation. S'ils résistaient, il faudrait les arracher ou les brûler, mais non les chasser à la masse.

Une tige de fer pleine ne convient pas comme noyau parce qu'elle adhère au béton. Au con-

traire, un tube creux qu'on abandonne dans la masse donne un trou de section régulière et si sa résistance est suffisante on peut même le placer dans le tiers supérieur de la poutre (figure 260).

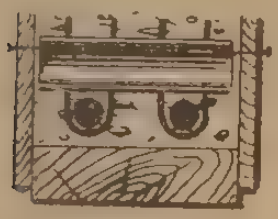


Fig. 260

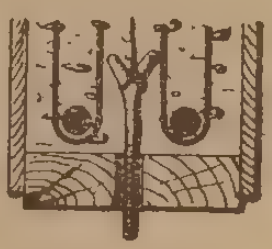


Fig. 261

Fig. 262

**Boulons de scellements.** — On reproche souvent à la construction en béton armé la difficulté d'y pratiquer après coup des trous et des scellements. Par contre, les scellements pratiqués en cours de bétonnage sont plus résistants et plus économiques qu'avec tout autre mode de construction.

Pour fixer un boulon à la face inférieure d'une poutre, on perce le sommier d'un trou par où passe le boulon, suspendu par un fil de fer (fig. 262). Il est indispensable, à la fin du bétonnage de passer une visite sous le coffre pour redresser les boulons qui ont pu s'incliner sous l'effet du pilonnage.

Le dispositif de la figure 262 supprime cet inconvénient, le boulon est maintenu par deux écrous qui le bloquent sur le sommier ; l'écrou supérieur reste encastré dans le béton. On peut encore loger cet écrou dans l'épaisseur du sommier et il devient possible de le retirer après décoffrage.

**Accrochage.** — Cette opération consiste à raccorder après coup un élément de béton armé à un élément déjà existant. L'accrochage est parfois prévu à l'avance, par exemple dans le cas d'un bâtiment exécuté en plusieurs temps. On laisse alors en attente des fers de tension et des fers de compression terminés par des crochets et faisant saillie d'une longueur d'environ 50 fois leur diamètre.

Pour raccorder l'élément nouveau, il suffit de faire recouvrir les armatures et de favoriser la reprise du béton par un repiquage et un badigeonnage au lait de ciment. Si on craint que la soudure soit imparfaite, on double le nombre des fers d'attente.

Quand l'accrochage n'a pas été préparé, il faut réaliser un véritable assemblage à tenon et mortaise en pratiquant dans l'élément ancien un trou où l'élément nouveau vient s'encastrer.

Cette opération est peu recommandable parce qu'elle affaiblit la pièce évidée. En particulier quand on entaille ainsi une partie de béton qui travaille à la compression, il faut au préalable soulager la pièce par des étais que l'on ne retire qu'après durcissement complet.

## DALLE

**Coffrage.** — Le coffre est composé de planches de 27 millimètres jointives clouées sommairement sur des sommiers espacés de 1,00 m. environ. Ces sommiers reposent eux-mêmes sur des étais et la

portée libre entre les têtes d'étais ne dépasse pas un mètre (fig. 263).

Il semble qu'en posant les sommiers de champ on puisse espacer les étais puisqu'on rend ces sommiers plus résistants à la flexion mais, en revanche, l'appui des planches sur les sommiers est plus étroit, ce qui conduit à rapprocher ceux-ci et l'avantage est nul.

Toutefois, il est intéressant dans certains cas de

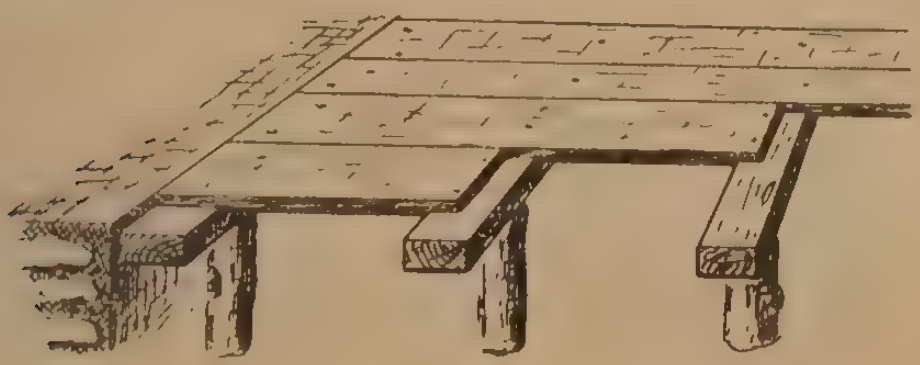


Fig. 263

supprimer complètement les étais en plaçant les sommiers de champ et en les rapprochant suffisamment. Le tableau XII permet de calculer l'équarrissage et l'écartement des sommiers pour réaliser cette condition.

**Ferraillage.** — L'armature d'une dalle comprend :

*a*) Les fers de tension sur la face inférieure ;

*b*) Les fers de répartition sur les fers de tension ;

*c*) Les fers d'encastrement ou chapeaux sous la face supérieure.

Les fers de tension sont coupés sur place ; ils

sont terminés à chaque extrémité par un crochet tourné vers le haut et portent sur les appuis d'au moins 10 centimètres.

Les fers de répartition sont placés dans le sens perpendiculaire. Les ligatures qui les fixent aux fers de tension n'ont d'autre but que d'empêcher ces fers de se déplacer pendant le bétonnage, aussi est-il inutile d'en placer à chaque croisement. La distribution de la figure 264 donne une grande rigidité au treillis avec le minimum d'attaches.

Les chapeaux sont placés pendant le bétonnage.

**Bétonnage.** — On s'assure d'abord de l'horizontalité du coffrage qui a pu s'affaisser pendant les opérations précédentes.

On place, perpendiculairement au sens des appuis et espacées de deux en deux mètres, des files de règles qui affleurent au niveau définitif de la dalle et qui reposent sur le coffrage par des tasseaux dans l'intervalle des fers.

On coule une première couche de béton de 2 centimètres, et avec des crochets (fig. 129) on soulève le réseau de fer pour le passer au-dessus de cette couche.

On coule une deuxième couche pour obtenir l'épaisseur définitive moins 2 centimètres et on pilonne énergiquement avec une batte en bois (fig. 128).

On dispose les chapeaux, à cheval sur les poutres et sur les appuis, crochets tournés vers le bas et engagés dans la masse du béton (fig. 24).

On complète l'épaisseur de la dalle, on dame et on nivelle comme un dallage.

Si la dalle doit porter une chape, un carrelage, un plancher, on ne se préoccupe pas des petites irrégularités de surface. Si elle doit rester apparente, on la lisse à la taloche.

Dès le lendemain on peut circuler sur la dalle à condition d'éviter les chocs et les vibrations. On n'y roulera pas de brouette avant cinq jours.

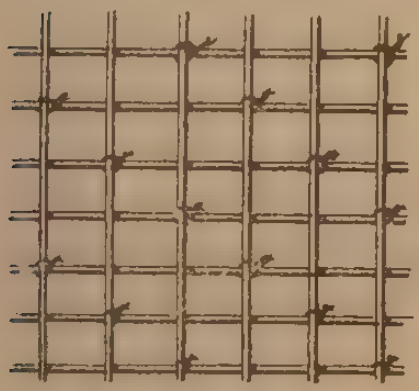


Fig. 264

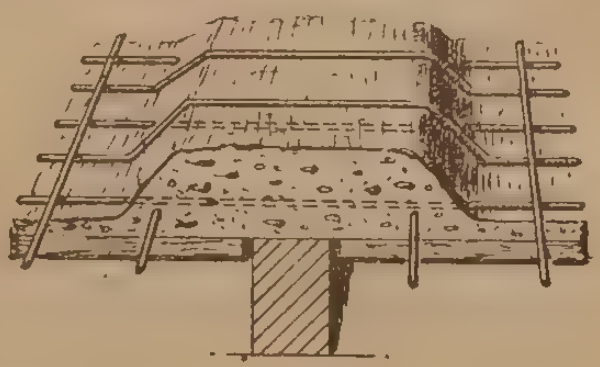


Fig. 265

**Suppression des chapeaux.** — Le système de dalle où on supprime les chapeaux en relevant sur les appuis la moitié des barres de tension (voir première partie), économise le métal des chapeaux mais rend le travail des fers plus délicat. Le procédé est avantageux si les nervures ou les appuis étant tous parallèles et équidistants, les fers relevés sont tous semblables et peuvent être coudés au gabarit (fig. 87).

On peut procéder pour le ferraillage et le bétonnage comme dans le cas précédent : on empêche les fers relevés de se coucher en les reliant entre

eux par quelques fers de répartitions ligaturés sur les parties relevées. Pendant le bétonnage on circule sur un pont de madriers de façon à ne pas écraser ces fers sur le plancher.

Afin d'éviter complètement ces ennuis, on mène parfois de front le ferraillage et le bétonnage.

Pour cela on répand une première couche de béton de 2 centimètres sur laquelle on pose les fers de tension rectilignes. Ceux-ci étant alternés avec les fers relevés, leur écartement est donc double de celui figuré sur le plan.

On façonne sur les appuis avec un béton gâché serré, un épaulement de section trapézoïdale épousant la forme des fers relevés et dont la hauteur est de 2 centimètres inférieure à l'épaisseur totale de la dalle (fig. 265).

On place les fers relevés dans l'intervalle des premiers fers de façon que la partie coudée vienne s'appuyer sur l'épaulement.

On pose les fers de répartition avec des ligatures très espacées afin de ne pas perdre trop de temps.

Enfin on achève le bétonnage.

Cette méthode exige que les fers soient préparés à l'avance et que les matériaux soient entièrement à pied-d'œuvre avant le commencement : il faut en effet mener l'opération rapidement et sans arrêt pour assurer une reprise convenable entre les couches de béton coulées à des moments assez espacés.

**Reprises.** — Quand il est impossible de bétonner toute la surface en une seule fois, on la divise en secteurs dont chacun sera entièrement achevé

avant que soit commencé le suivant. Les secteurs sont délimités par des lignes parallèles aux fers de tension, c'est-à-dire au sens de la portée de la dalle. Le béton est contenu par une planche maintenue verticalement au-dessus des armatures par des équerres (fig. 266).

**Décoffrage.** — On retire sans difficulté les étais puis les sommiers. Les planches sont coincées par le béton qui s'est introduit dans les interstices du coffre et en particulier entre les murs et le bord

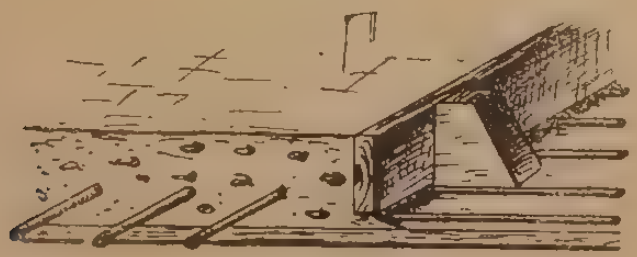


Fig. 266

du plancher. Il faut alors beaucoup de patience pour décoffrer sans dommage.

On y remédie en bouchant les crevasses avec de la terre glaise, plutôt qu'avec du plâtre qui produirait un blocage encore plus énergique.

Ce premier inconvénient évité, on risque de tomber dans l'erreur inverse : celle de voir le plancher s'effondrer d'un bloc quand on retire les sommiers. On commence donc à descendre de 20 centimètres les sommiers qui longent les murs et à les soutenir dans cette position par des étais inclinés. Les planches qui se détacheraient en retirant

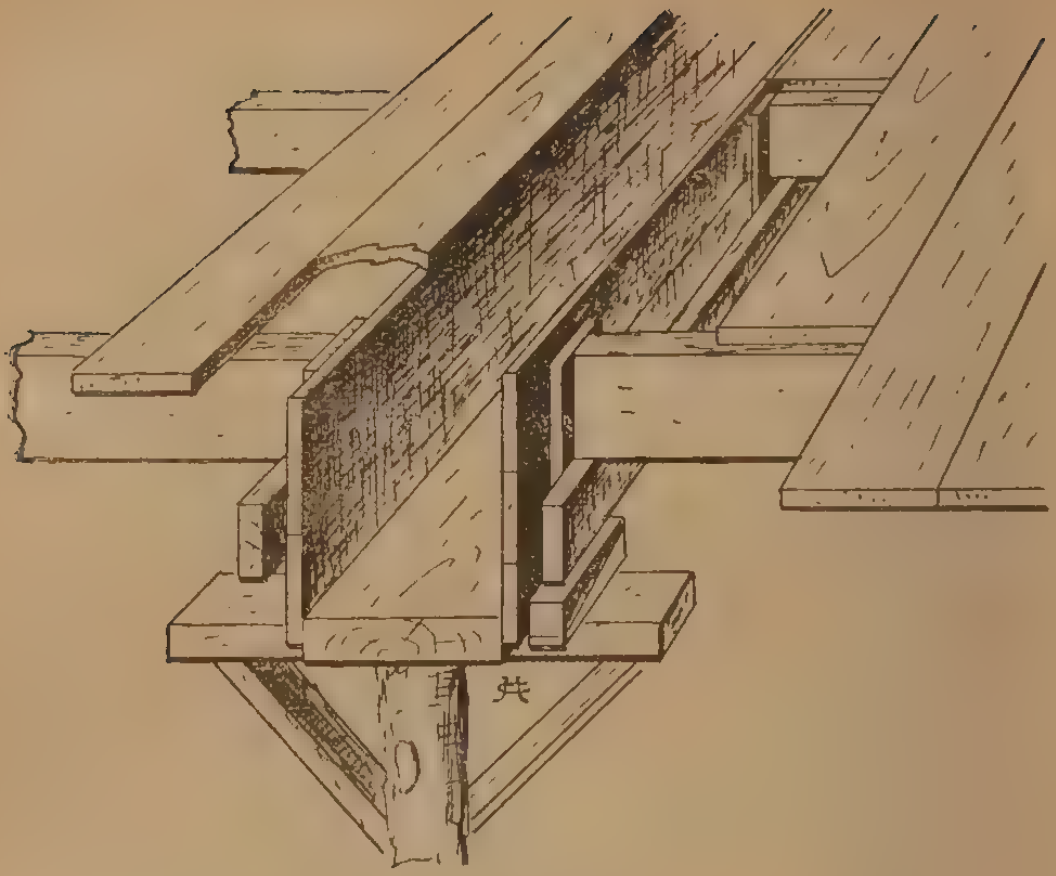


Fig. 267

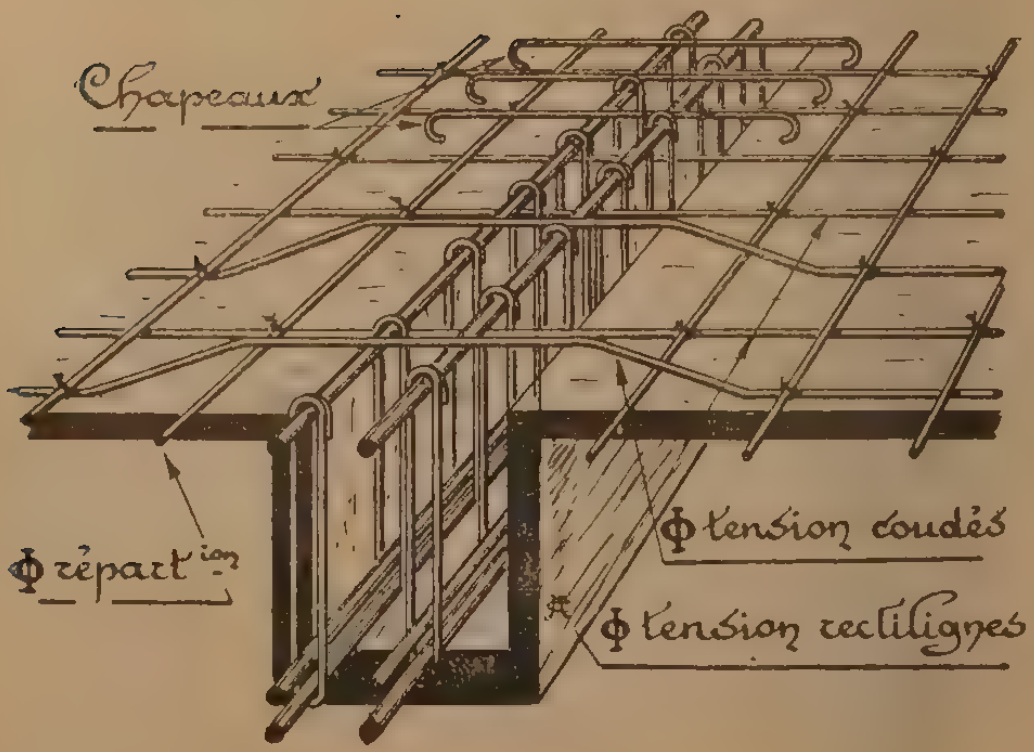



Fig. 268

les autres sommiers seraient reçues par les deux premiers sommiers sans danger pour les ouvriers. On détache alors toutes les planches ; puis en inclinant progressivement les chandelles, on abaisse les deux sommiers extrêmes jusqu'à amener le plancher à portée de la main.

## DALLE NERVÉE

La distinction fondamentale entre une dalle nervée monolithe et un système de poutres rectangulaires supportant des dalles libres a fait l'objet d'un exposé antérieur. Nous conseillons au lecteur de se reporter à cette étude indispensable à la compréhension des instructions qui vont suivre.

**Coffrage.** — Les coffres des solives et de la dalle sont solidaires et entièrement montés avant le ferraillage.

Le coffre des solives est assemblé comme celui d'une poutre rectangulaire : la hauteur intérieure est égale à la saillie de la nervure au-dessous du hourdis. Les joues sont toujours fixées sur la tranche du sommier (fig. 267) et non sur la face supérieure (fig. 215). Elles sont arc-boutées par les entretoises d'équarrissage quelconque, ajustées à longueur exacte et calées sur les traverses (fig. 267) mais jamais clouées. Ces entretoises sont posées sur des *dosses*, elles mêmes clouées à bonne hauteur sur les joues et soutenues par des cales sur chaque chapeau d'étai parce que le clouage seul serait insuffisant sous le poids de la dalle. Ce n'est que pour les poutres de rive

que l'on a recours au dispositif de la figure 243 pour contre-bouter la joue extérieure.

Le coffre de la dalle est formé de planches de 0,027, parallèles aux nervures et qu'on se contente de serrer les unes contre les autres en clouant seulement sur les joues des nervures la planche extrême de chaque panneau.

Il est prudent de réserver ce serrage pour le dernier moment, avant le ferraillage de la dalle parce que la sécheresse prolongée a une telle action sur le coffrage qu'elle en déforme complètement la surface.

Il existe deux dispositions du plancher par rapport aux joues (fig. 267). Toutefois avec celle représentée du côté gauche de la figure, l'ajustage du plancher est plus facile, parce qu'on peut refendre à la hache ou à l'égoïne les planches de rives après clouage sur place.

La planche qui borde la nervure est chanfreinée afin de renforcer l'attache de la nervure sur la dalle.

**Ferraillage et bétonnage.** — Le ferraillage est conduit comme pour une poutre rectangulaire. Toutefois, les fers de compression se trouvant proches de la face supérieure du hourdis (fig. 46) il est nécessaire de les maintenir dans cette position par des cales en bois ou en fer qui ne sont enlevées qu'au dernier moment. Ces fers en saillie entravent la circulation sur le plancher et il faut prendre toutes précautions utiles pour ne pas les déplacer ni les déformer. En particulier, on établira un pont de service au-dessus du ferraillage de la dalle.

Cette sujétion, vitale pour la résistance du plancher, n'est pas toujours suivie par les ouvriers qui préfèrent adopter le dispositif de la figure 45 absolument à proscrire. Il ne faut pas hésiter, le cas échéant, à faire recommencer un ferraillage ainsi exécuté et à interdire l'emploi des étriers devenus trop courts.

On coule le béton des nervures, qu'on arase à 5 centimètres au-dessous du niveau du plancher.

On ferraille la dalle. Les fers de tension sont glissés au-dessous des fers de compression des solives, au travers des rangs d'étriers (fig. 268). Les fers de répartition, parallèles aux solives, sont ligaturés en quinconces sur les fers de tension. Les chapeaux de la dalle, disposés seulement pendant le bétonnage, sont à cheval sur les fers de compression des solives (fig. 268 en arrière). En avant de cette même figure les chapeaux ont été supprimés et remplacés par des barres de tension coudées comme il a été expliqué à propos des dalles ordinaires (fig. 265).

Le bétonnage de la dalle n'offre rien de particulier.

**Reprises.** — Quand on suppose que l'arrêt inévitable entre le bétonnage des nervures et celui de la dalle durera plus d'une heure, on divise le plancher en plusieurs sections dont chacune est entièrement bétonnée avant que soit commencée la suivante. Les sections sont délimitées par des lignes parallèles aux nervures et situées au quart de la portée du hourdis.

**Décoffrage.** — Les joues des poutres et le plan-

cher de la dalle sont décoffrés en même temps.

Les entretoises sont enlevées les premières : il suffit pour cela de les obliquer sur la direction des nervures, tandis que si elles avaient été clouées, il faudrait au préalable arracher les dosses et prendre quelques précautions contre la chute éventuelle du plancher.

Quand les planches du coffre de la dalle sont clouées sur les entretoises, le décoffrage est des plus pénible et les pointes qui se dressent de partout sont un réel danger pour les ouvriers.

Il arrive le plus souvent que l'humidité ayant fait gonfler les bois, le plancher reste coincé entre les nervures ; parfois même le serrage est si énergique que les nervures sont étranglées par les joues qui ont pénétré de plusieurs centimètres dans le béton. Cet accident se produit par temps sec quand on a négligé d'arroser le coffrage avant le serrage.

On ne sait alors par quel point attaquer le coffre sans en sacrifier une partie. L'un des procédés suivants évitera cet ennui :

1° Une des planches du coffre de la dalle est faite de deux tronçons bout à bout et dont l'un très court est arraché sans précaution au décoffrage. Par l'ouverture ainsi créée, on introduit un levier et on abaisse les autres planches de proche en proche ;

2° On fixe aux extrémités d'une des planches un étrier en feuillard sur lequel on agit par traction pour décoffrer ;

3° Pendant le bétonnage, on ménage dans la

dalle des trous au travers desquels il sera possiole de pousser les planches.

## DALLE NERVÉE (Deux systèmes de nervures)

C'est une dalle dont les solives sont elles-mêmes soutenues par des poutres en béton (fig. 57). Le

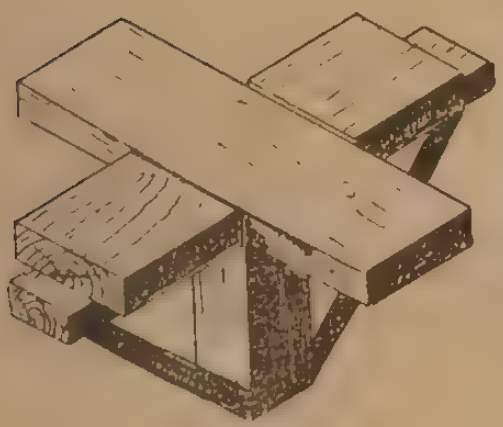


Fig. 269

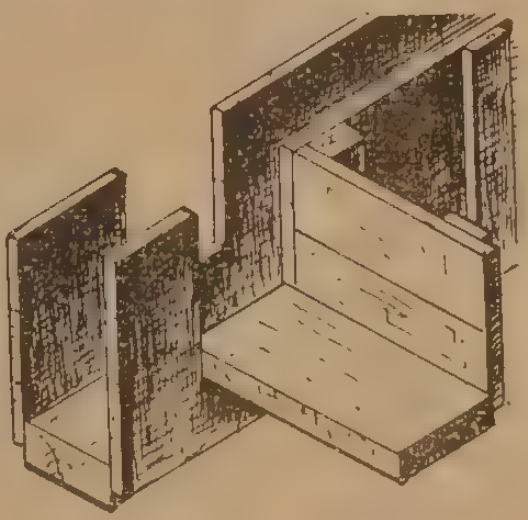


Fig. 270

sens de portée des poutres est donc le même que celui du hourdis.

**Coffrage.** — Les sommiers des poutres sont mis en place les premiers. Quand les solives ont même hauteur que les poutres, leurs sommiers sont interrompus à la rencontre de ceux des poutres et on les assemble en-dessous par un couvre-joint qui fait en même temps office de chapeau d'étai (fig. 269). Quand les solives sont moins hautes que les poutres, on dispose d'abord les joues des poutres sur lesquels viennent reposer les som-

miers des solives (fig. 270). C'est le seul arrangement qui permette le décoffrage des joues indépendamment des sommiers.

Les joues des deux nervures sont assemblées par l'intermédiaire de tasseaux placés dans l'angle intérieur (fig. 270). Si on clouait directement l'une sur l'autre, le décoffrage en serait plus difficile.

Les planches du coffre de la dalle sont parallèles aux solives. Les étais sont entretoisés dans deux sens perpendiculaires.

**Ferraillage.** — Les fers de tension des solives croisent au-dessus de ceux des poutres. Cependant si la poutre comporte plusieurs rangées de fers de tension et a même hauteur que les solives, on peut intercaler les fers de ces dernières entre deux rangées de fers des poutres (fig. 271).

Le mode de montage des armatures à l'intérieur des coffres, indiqué pour les poutres rectangulaires, est toujours applicable mais on le réserve aux cas difficiles.

Le montage d'armatures hors du coffre exige une précaution qui rende possible l'enchevêtrement avec l'armature des solives.

1° On peut interrompre les fers de compression des poutres pour permettre la descente des armatures des solives.

Cette méthode n'est pas recommandable parce que le liaisonnement du béton est mal assuré et lorsque ces fers sont de gros échantillon c'est-à-dire qu'ils supportent une grosse partie de l'effort

de compression, le procédé est franchement mauvais ;

2° Un meilleur moyen consiste, pour les solives, à n'attacher les étriers qu'aux fers de tension,

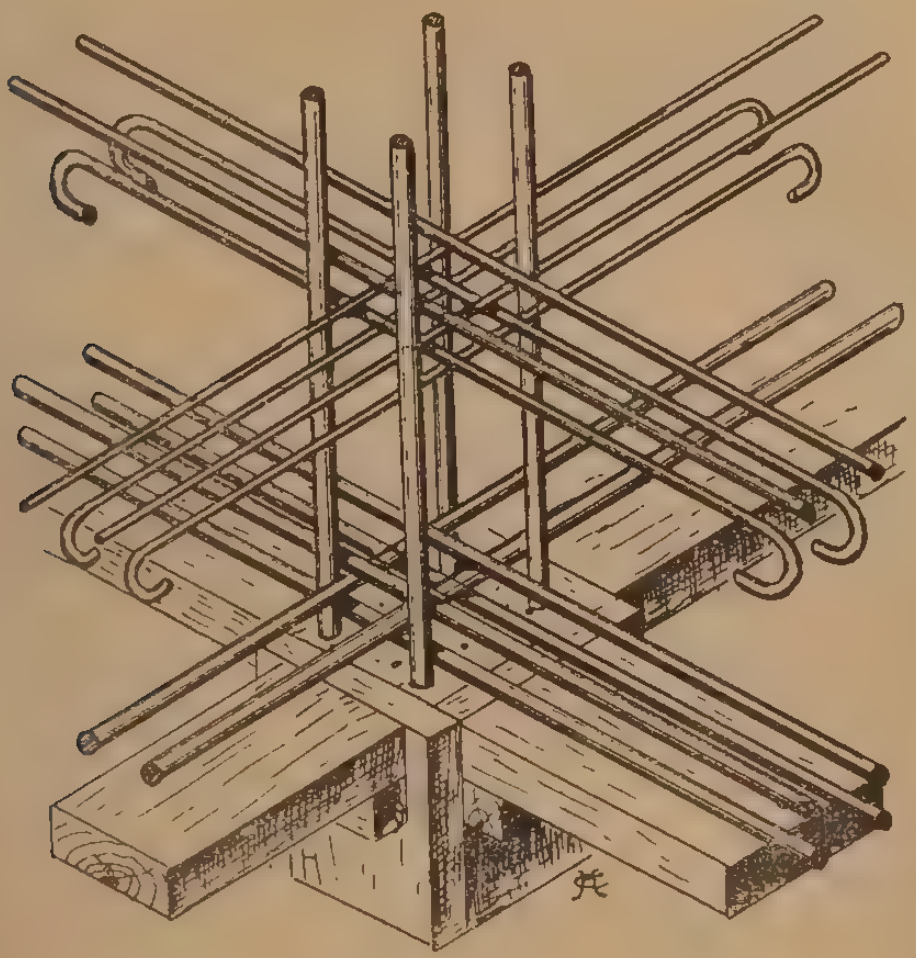


Fig. 271

ce qui permet d'enfiler cette armature au travers de celle des poutres en inclinant les étriers et de ne placer qu'ensuite le fer de compression.

Quand les solives sont en prolongement de part et d'autre de la poutre, on constitue leurs armatures par des fers ininterrompus. On économise

ainsi le métal des recouvrements et on gagne du temps au montage.

Les chapeaux de solives sont placés près de la face supérieure du hourdis, à cheval sur les poutres (fig. 57), ils ne sont symétriques de part et d'autre des poutres qu'autant que les solives ont même portée de chaque côté.

Quand une poutre ne reçoit de solives que sur un côté, on ne prévoit généralement pas de chapeaux parce que l'effort d'encastrement est faible et que les fers de compression de petit diamètre suffisent à s'y opposer. Il faut faire exception pour les solives qui s'attachent sur les poteaux et qui sont encastrées du fait de ce poteau lui-même.

Sur les poteaux les chapeaux de poutres passent au-dessus de ceux des nervures. L'enchevêtrement des armatures est donc très serré en cet endroit. On y rencontre superposés (fig. 271) :

1° Les fers de tension des poutres ;

2° Les fers de tension des solives ;

3° Les chapeaux des solives ;

4° Les chapeaux des poutres ;

5° Les fers de compression des solives ;

6° Les fers de compression des poutres ;

7° Dans le sens vertical les fers des poteaux ;

8° Les frettes, les étriers, les fers des goussets, etc...

**Bétonnage.** — Le seul point délicat est le raccord des poutres et des poteaux. On y projette violemment de l'eau qui entraîne la poussière et la

sciure en s'échappant par un orifice de nettoyage ménagé à cet effet.

Le béton légèrement clair est damé avec une pilette très étroite (fig. 127).

Reprises. — La ligne de partage des sections à bétonner en une seule fois coupe les nervures et les poutres à angle droit même si ces divers éléments étaient obliques les uns par rapport aux autres. En outre cette ligne passe environ au quart de la portée des poutres.

Le béton est arrêté verticalement par une planchette qu'on glisse entre les fers de tension et les fers de compression. La pression du béton liquide maintient cette planchette butée sur deux tasseaux verticaux ou sur deux clous enfoncés de l'extérieur au travers des joues. A la reprise du travail cette planche est enlevée et présentée au chef de chantier qui s'assure ainsi qu'elle n'a pas été oubliée dans le béton.

Dalle en pente. — Dans les locaux où l'on prévoit l'écoulement des eaux et sur les terrasses, on donne une pente de 2 centimètres par mètre.

Cette dénivellation est souvent réalisée par une forme de béton maigre.

Ce procédé a deux graves inconvénients d'abord le prix de ce travail supplémentaire, ensuite le poids mort de cette forme qui vient en déduction de la charge utile du plancher. Un préjugé assez répandu est que cette surépaisseur de béton ne charge pas le plancher. Rien n'est plus inexact : si le béton armé peut porter une surcharge, c'est grâce à son dosage élevé et à ses armatures,

tandis que la forme telle qu'on la constitue habituellement est incapable de se porter elle-même, et fût-elle apte à le faire, son poids n'en serait pas moins reporté sur les poutres et sur les poteaux qui n'ont pas été prévus pour cela.

Il est facile de donner la pente en inclinant le hourdis et ce moyen n'a que des avantages sur le précédent.

L'auteur du projet technique ne se préoccupe pas de cette sujétion, mais il n'y a aucun danger

Fig. 272

Fig. 273

à incliner le plancher pourvu que la hauteur prévue pour les poutres ne soit nulle part diminuée. Ainsi un plancher peut être incliné de deux façons différentes (fig. 272 et 273). Dans la première figure la poutre est fortement renforcée par l'augmentation de hauteur en son milieu.

**Coffrage.** — Il est possible de coffrer les nervures d'un tel plancher sans coupes biaises parce qu'avec la disposition adoptée (fig. 267) la pente est donnée par le seul calage des panneaux sur la tranche des sommiers. Tous les éléments du coffre sont donc semblables à ceux d'un plancher ordinaire. Si la pente était telle que les panneaux des joues viennent buter sur les chapeaux d'étais, il

serait préférable de surélever les sommiers en interposant des pièces de bois plutôt que de supprimer ces chapeaux ou d'entailler les panneaux.

**Ferraillage.** — Il semble qu'il y ait quelque difficulté dans la confection des étriers puisque la hauteur de la poutre varie d'une façon continue. En réalité dans le cas de la figure 272 on a affaire à une poutre trapézoïdale dont le cas a déjà été examiné. Pour la figure 274, il faut nécessairement prévoir des étriers de hauteurs différentes.

Un léger reproche à adresser au système est l'inclinaison des plafonds. Dans les locaux industriels cela n'a aucune importance et dans les habitations on n'emploie jamais ce système.

**Dalle à nervures saillantes en-dessus.** — Il s'agit ici du cas assez rare où la dalle supportant des efforts dirigés de haut en bas est attachée à la partie inférieure des poutres (1). Ce mode de construction est illogique au point de vue résistance parce que la dalle ne participe pas au travail de la poutre, mais il est intéressant parce qu'il donne le maximum de hauteur libre sous le plancher.

Les poutres de rive de ce système peuvent être dissimulées dans les murs de l'étage supérieur ou encore dans certains ouvrages, servir de garde-corps.

**Coffrage.** — Le coffrage des joues offre seul

1. On distinguera soigneusement ce cas de celui d'un radier (voir 5e partie) où les efforts s'exercent en sens opposé.

une difficulté. Les panneaux sont portés et arc-boutés par les chevrons cloués sur le plancher en laissant un jour égal à la hauteur de la dalle (fig. 274).

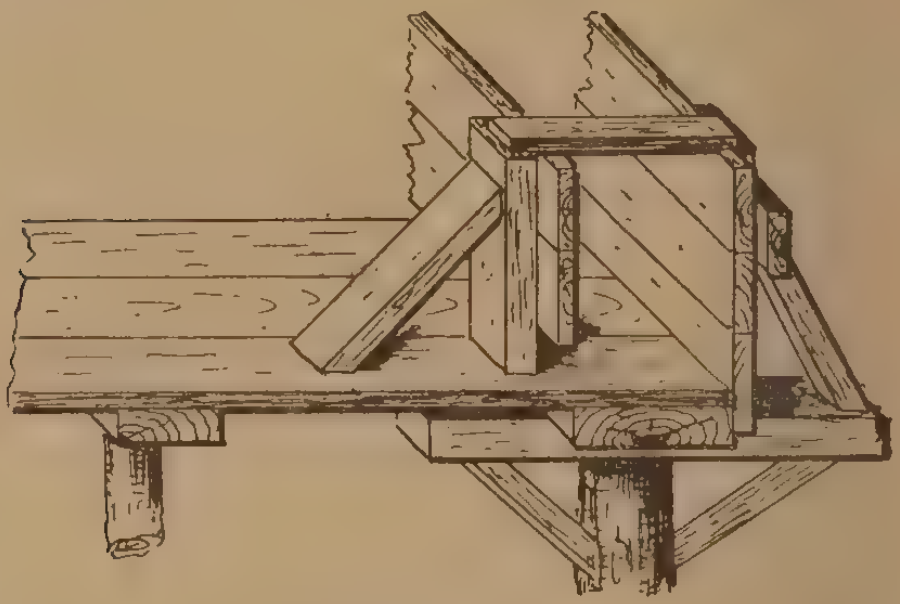


Fig. 274

**Ferraillage et bétonnage.** — Les poutres sont ferraillées comme les poutres rectangulaires et les fers du hourdis viennent croiser les fers de tension des poutres.

On bétonne dans un ordre quelconque. On gâche le béton des poutres assez serré pour qu'il ne s'écoule pas par le vide du raccord avec la dalle.

On décoffre les joues après quarante-huit heures et on rebouche les trous laissés par les chevrons.

**Ouvertures dans les dalles.** — Il n'y a aucun inconvénient sérieux à pratiquer des ouvertures de diamètre inférieur à 0 m. 25 dans une dalle en béton à condition qu'elles ne soient ni trop

nombreuses ni trop rapprochées des nervures dans le tiers moyen de leur portée. Les emplacements les moins défavorables sont proches des poteaux.

Les ouvertures de plus grande dimension influent sur la résistance de la dalle et davantage encore sur celles de poutres.

Il faut se préoccuper de la façon dont la dalle

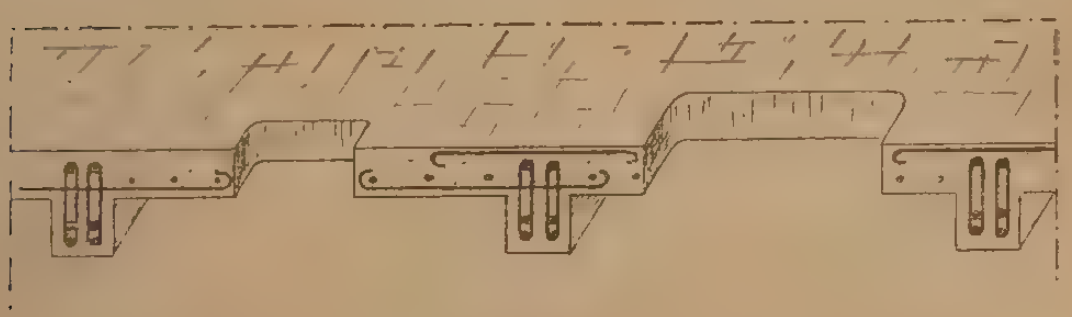


Fig. 275

sera armée dans la partie où les fers de tension sont interrompus :

1° Si la largeur de l'ouverture est faible on admet que les fers de répartition reportent la charge sur les côtés (fig. 275 à gauche).

2° Si cette largeur est notable, on arme la dalle de chaque côté de l'ouverture comme un encorbellement encastré sur les nervures, c'est-à-dire que les fers de tension sont reportés dans le haut du hourdis (fig. 275 à droite).

Enfin il est plus sûr quand les planchers sont appelés à porter de lourdes charges et à recevoir des chocs d'encadrer complètement l'ouverture de nervures en béton ou de fers U.

L'influence sur la résistance des poutres a fait l'objet d'une précédente étude. Il semble à pre-

mière vue qu'une ouverture déchargera d'autant plus le plancher qu'elle sera plus grande et plus proche du milieu des poutres. C'est précisément le contraire qui se produit et il peut y avoir grave danger à supprimer une partie du hourdis sans l'assentiment de l'auteur du projet.

En particulier l'usage de placer sur une terrasse des lanterneaux au milieu des poutres est absolument illogique et conduit à des hauteurs de poutres exagérées. Tout au plus peut-on atténuer ce défaut en augmentant leur hauteur dans la traversée du lanterneau.

On coffre la dalle entièrement comme si l'ouverture n'existait pas et on limite celle-ci par des chevrons cloués sur le plancher en ménageant une feuillure au pourtour.

Les trous circulaires sont simplement ménagés par une boîte, un seau, un fond de tonneau, etc..., qu'on retire dès la prise achevée.

On protège les arêtes vives par des fers cornières (fig. 143).

## CLOISON VERTICALE

La cloison en béton armé est plus coûteuse que la cloison en agglomérés, en carreaux de plâtre ou en briques, mais elle est plus mince et plus résistante à l'humidité, au choc et à l'effraction.

**Coffrage.** — Le coffre se compose de planches de 0,027 disposées horizontalement et maintenues par des bâtis en chevrons espacés de 0 m. 80, bloqués à leurs extrémités et entretoisés tous les

mètres par des boulons (fig. 276). L'inconvénient de ces entretoises est l'obligation de percer les planches et de faire coïncider les trous sur les deux faces du coffre. On peut les remplacer par de simples cales en bois clouées à l'intérieur du coffre. Au décoffrage on les retire et on rebouche les trous avec du mortier de ciment, à moins qu'on

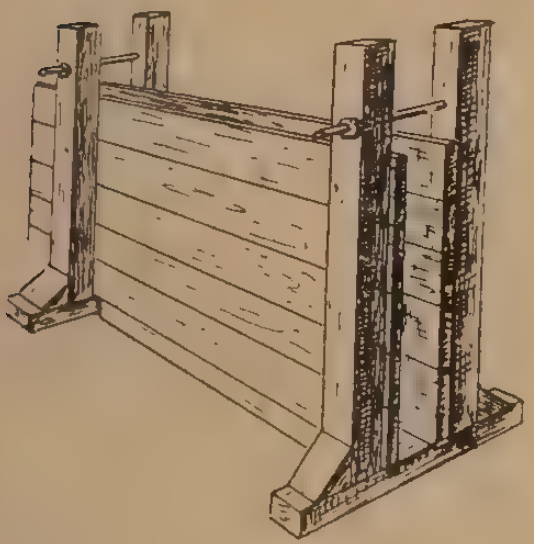


Fig. 276

Fig. 277

Fig. 278

ne préfère les laisser pour servir au fixage de clous de suspension ; il convient alors de les larder de clous pour les sceller solidement dans le béton.

Enfin on évite complètement les entretoises en constituant les bâtis par des pièces de plus fort équarrissage, et en les étayant de l'extérieur.

**Ferraillage.** — L'armature est formée d'un treillis à mailles de 10 centimètres. Il serait fasti-

dieux pour les cloisons qui n'ont aucun effort à supporter de confectionner ce treillis à la main et on utilise soit un treillis métallique spécial à cet usage soit du métal déployé (nos 1, 2, 3 ou 6). Pour résister à l'effraction on emploie le no 20. Les feuilles se recouvrent de quelques centimètres et sont ligaturées avec du fil recuit.

**Bétonnage.** — Pour les cloisons de 3 à 5 centimètres d'épaisseur le mortier est au dosage de 300 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable.

Pour les épaisseurs supérieures, on emploie du béton de gravillon au dosage de 250 kilogrammes de ciment pour 800 litres de gravillon et 400 litres de sable.

Une des parois du coffre est entièrement dressée à l'avance et on monte l'autre planche par planche en remplissant le moule à mesure et en maintenant l'armature à mi épaisseur de la cloison.

L'appareil *Cement-Gun* permet l'exécution rapide de cloisons très minces avec un coffrage sommaire sur une seule face.

**Cloison sans coffrage.** — Avec le métal déployé il est possible à un ouvrier habile de monter une cloison sans aucun coffrage. Ceci nécessite que l'armature soit rendue rigide à l'aide de petits profilés ou de ronds de 8 millimètres tendus verticalement et espacés de 0 m. 30. Les feuilles de métal déployé passent alternativement d'un côté et de l'autre de ces tendeurs sur lesquels elles sont ligaturées.

Le mortier est composé de 1.000 litres de

sable pour 300 kilogrammes de ciment artificiel bâtardé de ciment prompt et gâché serré.

L'ouvrier applique le mortier avec la taloche où avec le dos de la truelle en remontant de bas en haut et en commençant par la face où le treillis se présente en gradins inclinés vers le bas (fig. 277). Le mortier pénètre entre les mailles où il reste suspendu. Passant alors sur l'autre face de la cloison, l'ouvrier applique une deuxième couche qui s'accroche aux aspérités de la première. Enfin il plaque une dernière couche de chaque côté et lisse à la taloche. Les pertes de mortier sont très faibles quand on opère exactement comme il vient d'être prescrit.

La fixation des tendeurs est facile dans la construction en béton armé :

Dans les poutres inférieures sont scellés des crampons en fer qu'il suffit de placer quand le béton est encore liquide.

Aux poutres supérieures sont fixés des boulons de scellement exactement superposés aux crampons. Pour faciliter le décoffrage des sommiers, on refend ceux-ci en longueur suivant la ligne des trous par où passent ces boulons. Les tirants sont tendus entre les crampons et les boulons (fig. 278).

**Ouvertures dans les cloisons.** — Il est facile de ménager des ouvertures de toutes formes en introduisant dans le coffre un bâti de contour et de profil appropriés.

Les appuis de châssis et de guichets, les seuils de portes doivent être solidement liés à la cloi-

son : pour cela, dans le vide de l'ouverture on prolonge la feuille de métal déployé qu'il suffit de rabattre après décoffrage pour constituer l'armature de la saillie à mouler.

## ARC DE COURTE PORTÉE

**Coffrage.** — L'intrados est coffré par un cintre d'une seule pièce exécuté à l'atelier. Le cintre se compose de deux flasques en planche, maintenus par des traverses et des entretoises (fig. 279).

La face de l'intrados est faite de lattes, de voliges ou de planches, suivant la courbure et la résistance demandée pour le cintre.

Quand l'intrados est feuilluré ou mouluré, on entretoise avec des planches qui n'affleurent pas le bord extérieur des flasques ; on couche le cintre sur une table, on charge de plâtre et on traîne au calibre le profil de l'intrados (fig. 280).

Le cintre est mis en place et étayé ; les joues faites de panneaux rectangulaires sont fixées comme celles d'une poutre.

**Ferraillages et bétonnage.** — La disposition des armatures est très variable selon la forme et le mode de chargement des arcs. Les fers peuvent même être complètement absents.

Ces opérations n'offrent aucune particularité.

**Tracé des cintres.** — Les arcs peuvent affecter diverses formes : courbes simples (cercle, parabole, ellipse), ou courbes mixtes composées de droites et de cercles raccordés entre eux.

Il est nécessaire pour le tracé de tenir compte de l'épaisseur des planches qui coffrent l'intrados et de diminuer d'autant les rayons des flasques. Cette précaution est toutefois superflue pour les cintres surbaissés.

Cercle. — L'arc plein-cintre est déterminé par son rayon. On le trace avec une ficelle ou une latte.

L'arc surbaissé est déterminé par sa flèche et il est inutile d'en chercher le centre d'autant que le

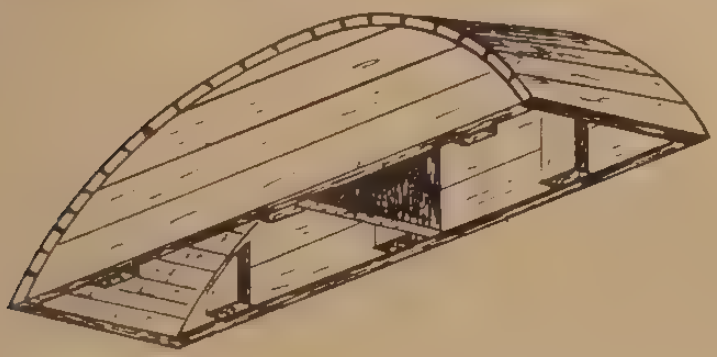


Fig. 279

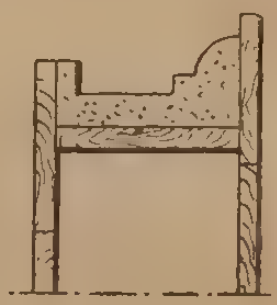


Fig. 280

procédé précédent serait mal commode pour les grands rayons :

On pique un clou au sommet S et aux naissances A et B ; on appuie suivant AS et BS deux règles bien droites et chacune de longueur au moins égale à la distance AB ; on cloue ces règles ensemble de façon à rendre leur angle indéfirmable (fig. 281). On arrache le clou S qu'on remplace par un crayon ; en déplaçant le triangle de règles sans quitter le contact avec les pointes A et B, le crayon trace le cercle cherché (fig. 282).

**Ellipse.** — L'ellipse est déterminée comme précédemment par les points A, B et S.

Du point S comme centre avec un rayon égal à la moitié de AB on trace un cercle qui rencontre la droite AB aux points F et F' appelés Foyers de l'ellipse ; on fixe trois clous en F, F' et S et on entoure ce triangle d'une ficelle tendue dont on noue ensemble les deux bouts (fig. 283) ; on arrache la pointe S qu'on remplace par un crayon, sans échapper la ficelle ; en déplaçant latéralement le crayon et maintenant le fil tendu, on décrit l'ellipse cherchée qui passe par les points A et B (fig. 284).

**Anse de panier.** — C'est une courbe mixte formée de 3 ou 5 cercles. Elle ressemble à l'ellipse, mais s'éloignant moins rapidement de la verticale près des appuis, son aspect est plus satisfaisant.

On trace le cercle directeur sur AB comme diamètre ; on détermine le point M tel que AM soit égal au rayon ; on trace les droites AM, MO, PM. On mène SC parallèle à PM et CO' parallèle à MO. Les arcs CS et AC qui se raccordent en C ont respectivement pour centres O' et O" (fig. 285).

**Arc de grande portée.** — Les arcs de grande portée des ouvrages d'art sont soutenus par des charpentes très robustes qui doivent être calculées à l'avance. A cause du poids énorme qui charge le coffrage, on prévoit un procédé de décintrement progressif qui mette à l'abri de tout accident.

Les cintres sont tracés par points.

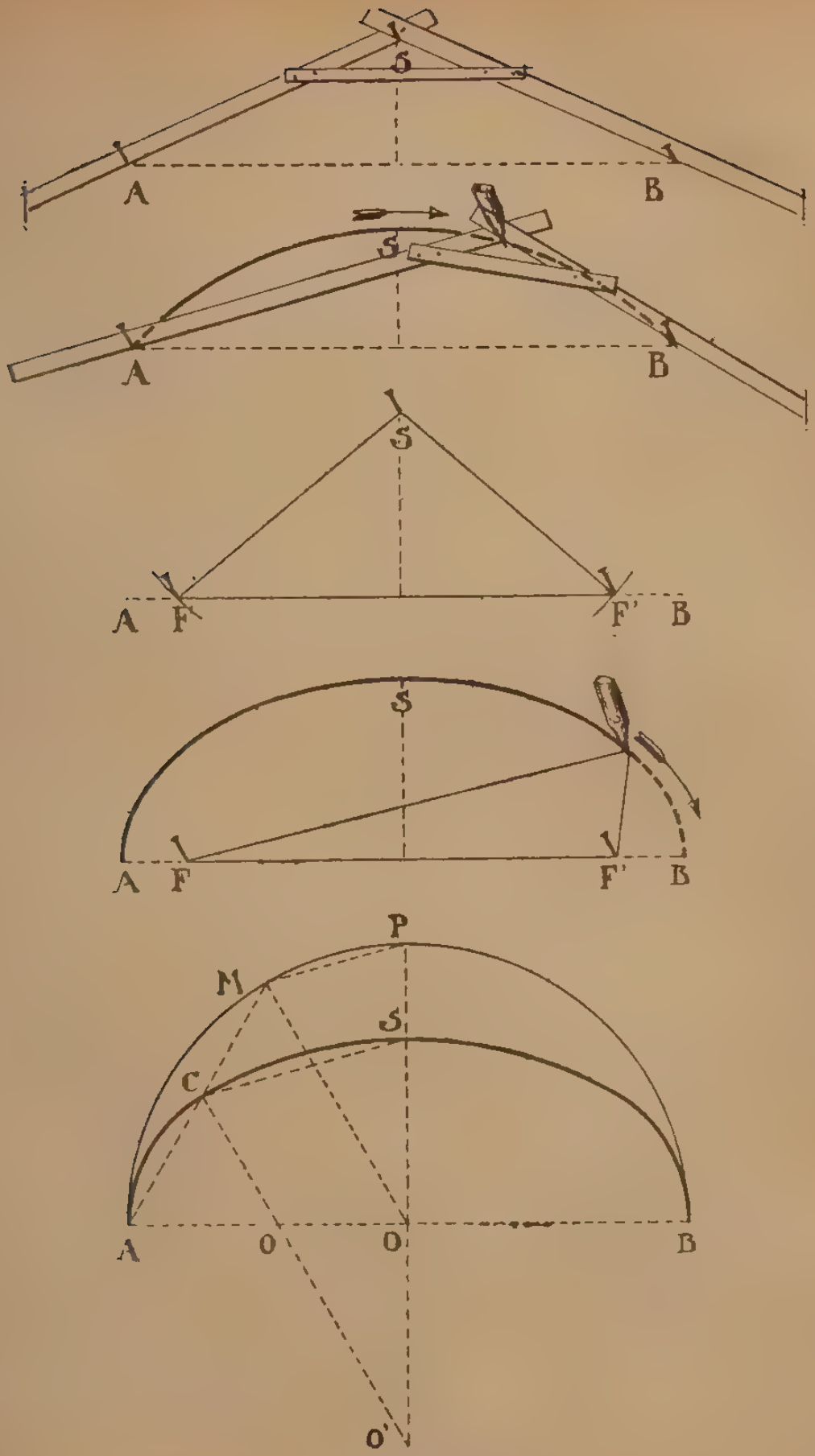



Fig. 281 à 285

La description de semblables travaux dépasse le cadre de cet ouvrage.

## LINTEAUX

Les linteaux en ciment armé peuvent être moulés à terre, mais il est bien préférable pour la stabilité du bâtiment de les couler en œuvre et de les relier aux chaînages des murs.

**Calcul.** — Ce sont des poutres rectangulaires dont les extrémités sont partiellement encastrées dans la maçonnerie.

On peut donc se servir des tableaux qui ont été données à propos de celles-ci. La charge se décompose ainsi :

a) *Charge du mur.* — Quand le linteau est surmonté d'une ouverture la charge est celle du mur d'allège, répartie uniformément ;

Quand le mur est plein, le linteau ne porte qu'une partie de la maçonnerie qui le surmonte parce que les matériaux enchevêtrés forment d'eux-mêmes arcs de décharge. On ne considère donc en pratique que la charge uniforme d'une hauteur de maçonnerie égale à 1,5 fois la portée du linteau ;

b) *Charge apportée par les planchers.* — Le calcul est donné par le tableau III ;

c) *Charges concentrées apportées par des poutres ou des fermes.* — Le procédé de calcul indiqué n'est pas applicable à ce cas.

**Coffrage.** — On monte le coffre d'une seule pièce et on le soutient par deux étais le long des

piédroits de l'ouverture. La feuillure et l'ébrasement sont ménagés par une planche légèrement inclinée (fig. 286).

**Linteau en arc.** — Un linteau en arc ne travaille pas de la même manière qu'un linteau droit, mais il serait fastidieux de le soumettre au calcul comme arc quand la portée est inférieure à 3 mètres. On le considère comme un linteau

Fig. 286

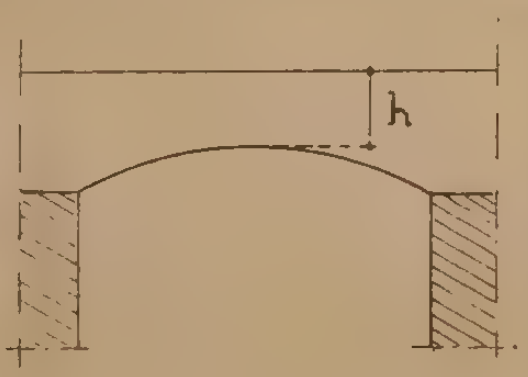



Fig. 287

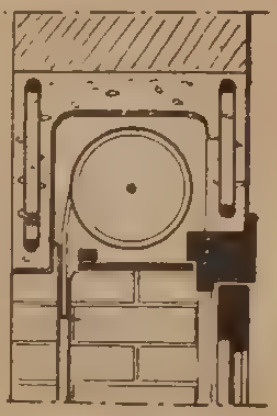


Fig. 288

droit de hauteur *h* (fig. 287) et on le calcule par le procédé précédent.

Il est évident qu'on trouve ainsi une poutre trop forte et pour des portées plus étendues le procédé serait onéreux.

**Linteaux évidés.** — Un avantage du linteau, en béton est la possibilité de lui donner telle forme qu'on veut.

En particulier, pour soutenir des murs larges, il n'est pas besoin de linteaux massifs et on peut créer des linteaux sur le principe de la dalle nervée tout aussi résistants et plus économiques (fig. 288).

L'évidement est mis à profit pour loger les stores et rideaux de fermeture des baies.

## CHAINAGES

La maçonnerie de briques et de moellons est incapable de résister à d'autres efforts que la compression. Or, par suite de mouvements de terrain et de tassements, il se produit à la longue dans les murs des efforts de flexion et de traction qui amènent infailliblement des crevasses.

C'est pour se prémunir contre cet accident qu'on noie dans la maçonnerie, au niveau des planchers, des chaînages en fer destinés à supporter ces efforts.

Un chaînage en fer n'est efficace que s'il est préalablement tendu de façon à travailler avant l'apparition de la fissure, s'il est relié par des ancres verticales à plusieurs assises de maçonnerie et s'il est cramponné aux poutres des planchers. Ce travail est donc délicat et il est regrettable que les chaînages en ciment armé à la fois plus efficaces et plus économiques ne soient pas plus répandus.

Les efforts supportés par les chaînages sont de deux sortes :

Dans les parties de mur qui tendent à s'incliner, le chaînage est fléchi et il faut le constituer comme une poutre rectangulaire qui travaillerait dans le sens horizontal, c'est-à-dire armer sa face tendue.

Si le mur porte plancher d'un côté ou s'il est arc-

bouté par des murs de refend, il ne peut y avoir flexion que vers le dehors et c'est la face extérieure qu'on arme.

Si le mur est isolé, on ne peut prévoir de quel côté il faiblira et il faut armer les deux faces.

Il est bien évident qu'un chaînage ne peut résister au renversement d'un mur que s'il est accroché à ses deux extrémités, mais même dans un mur isolé il rendra des services, car il est exceptionnel que le mur faiblisse dans toute sa longueur et les parties défaillantes seront encore maintenues grâce au chaînage qui les relie aux parties plus stables.

Aux extrémités de chaque mur le chaînage exerce sur les murs en retour une traction vers l'extérieur, mais cet effort est réparti dans toute l'étendue des murs grâce à leur propre chaînage et toute fissure est rendue impossible.

En résumé, quand un mur cède, son chaînage travaille à la flexion et les chaînages des murs de sens perpendiculaire travaillent à la traction.

La règle suivante détermine l'emplacement des fers :

*a*) Le mur n'est libre que sur une face : l'armature est proche de cette face ;

*b*) Le mur est libre sur les deux faces : il faut une armature sur chaque face ;

*c*) Le mur est maintenu sur les deux faces : la place de l'armature est indifférente.

Exécution du chaînage. — On arase la maçonnerie à 10 centimètres au-dessous du solivage du plancher ; on coffre les joues du chaînage avec

des planches maintenues par des chevillettes et des entretoises (fig. 289) ; on place l'armature composée d'un rond de 20 millimètres calé à mi-épaisseur du chaînage, et tout proche de la face ci-dessus définie ; les recouvrements des barres aboutées sont de 0 m. 50 et les extrémités sont recourbées en crochets tournés vers l'intérieur ; le béton est coulé et arasé au sommet du coffre.

On peut décoffrer dès le lendemain et continuer à élever le mur.

Plusieurs difficultés peuvent se présenter :

Si le parement extérieur du mur est en matériaux apparents, on maçonne au mortier de ciment prompt une mince murette qui fera office de coffrage sur la face vue (figure 291).

Si le chaînage est traversé par des conduits on place ceux-ci le plus près possible de l'armature de façon à conserver sa section entière à la partie comprimée du chaînage (fig. 290). On espace les boisseaux de 0 m. 10.

Si le chaînage est coupé par des ouvertures, sa résistance à la flexion est entièrement détruite ; on laissera toujours subsister l'armature qui traversera le tableau de la baie de façon à conserver tout au moins la résistance à la traction, mais il est bien préférable de conserver l'épaisseur entière du chaînage dont l'effet n'est pas tellement disgracieux (fig.. 292).

Ce dernier cas se présente dans les croisées d'escalier.

Pour les baies ordinaires, les linteaux coulés en béton font corps avec le chaînage.

Les avantages des chaînages en béton armé sont les suivants :

*a*) Le prix de revient n'est pas supérieur à un chaînage en fer ; les jonctions et soudures sont remplacées par les recouvrements ; les ancres, les

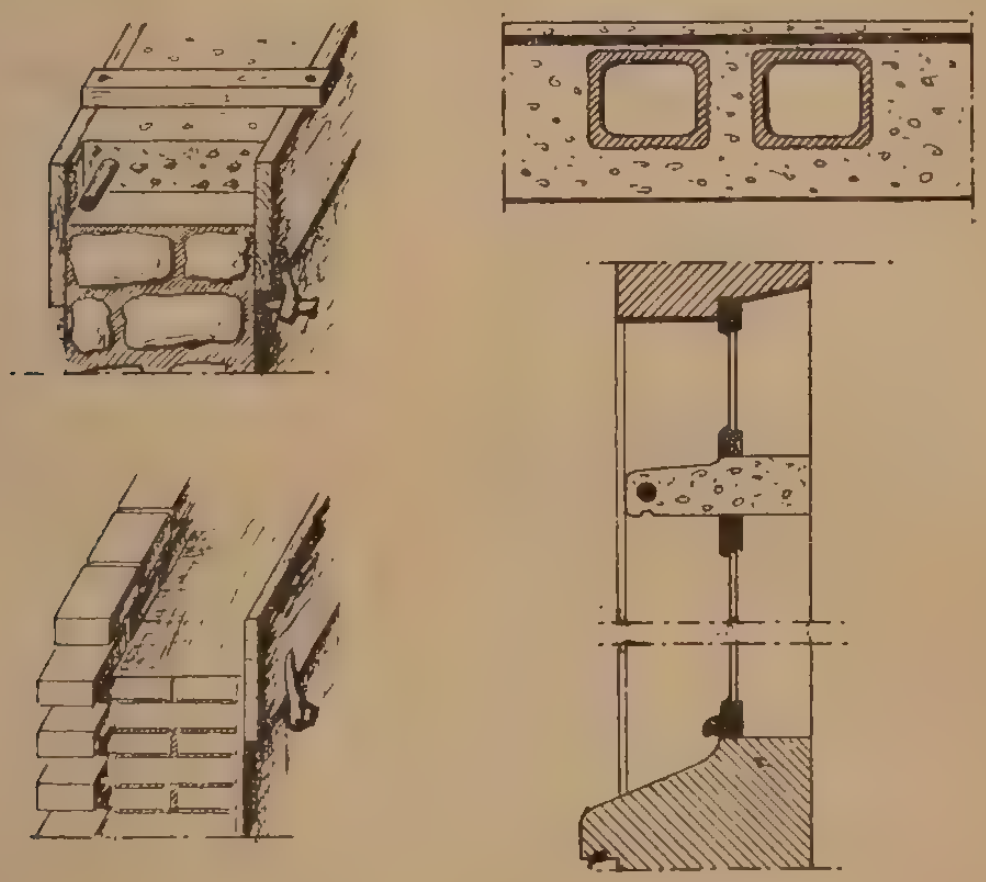


Fig. 289 à 292

bagues et coins de serrage sont inutiles ; l'ancrage des poutres s'obtient par des pattes simplement noyées dans le béton frais ;

*b*) A section égale de métal, la résistance est de beaucoup supérieure à celle d'un chaînage en fer ;

*c*) La face supérieure du chaînage forme une assise excellente pour les solives dont on peut réduire l'appui au minimum ;

*d*) Les encorbellements peuvent être constitués par une dalle venue de coulée avec le chaînage qui intéresse ainsi tout le mur à la stabilité ;

*e*) Enfin, murs et chaînages étant du ressort du même corps d'état, les retards et fausses manœuvres sont moins fréquents.

# CINQUIÈME PARTIE

## OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ

### RADIERS

Un radier est un ouvrage qui sert à répartir de façon uniforme le poids d'un immeuble sur toute la surface bâtie. Ceci permet de réduire la charge du sol à un taux très faible et de fonder sur de très mauvais terrains.

Le radier travaille à l'opposé d'un plancher ordinaire : la pression uniforme provient du dessous tandis que les murs jouent le rôle de points d'appui. La constitution logique d'un radier est donc celle d'un plancher retourné sens dessus-dessous (fig. 293) : les armatures de tension se trouvent à la face supérieure des dalles et des nervures ; la dalle participe à la résistance des nervures.

Cependant un tel plancher nécessite un coffrage des nervures et un remplissage intérieur pour se prêter à la circulation.

Le second type de radier (fig. 294) n'a pas ces inconvénients, mais est beaucoup moins logique au point de vue résistance puisque la dalle se trouve au niveau de la zone de traction des

nervures. Les poutres sont plus hautes et les armatures plus fortes qu'avec le type précédent, mais l'absence de coffrage et la possibilité d'ap-

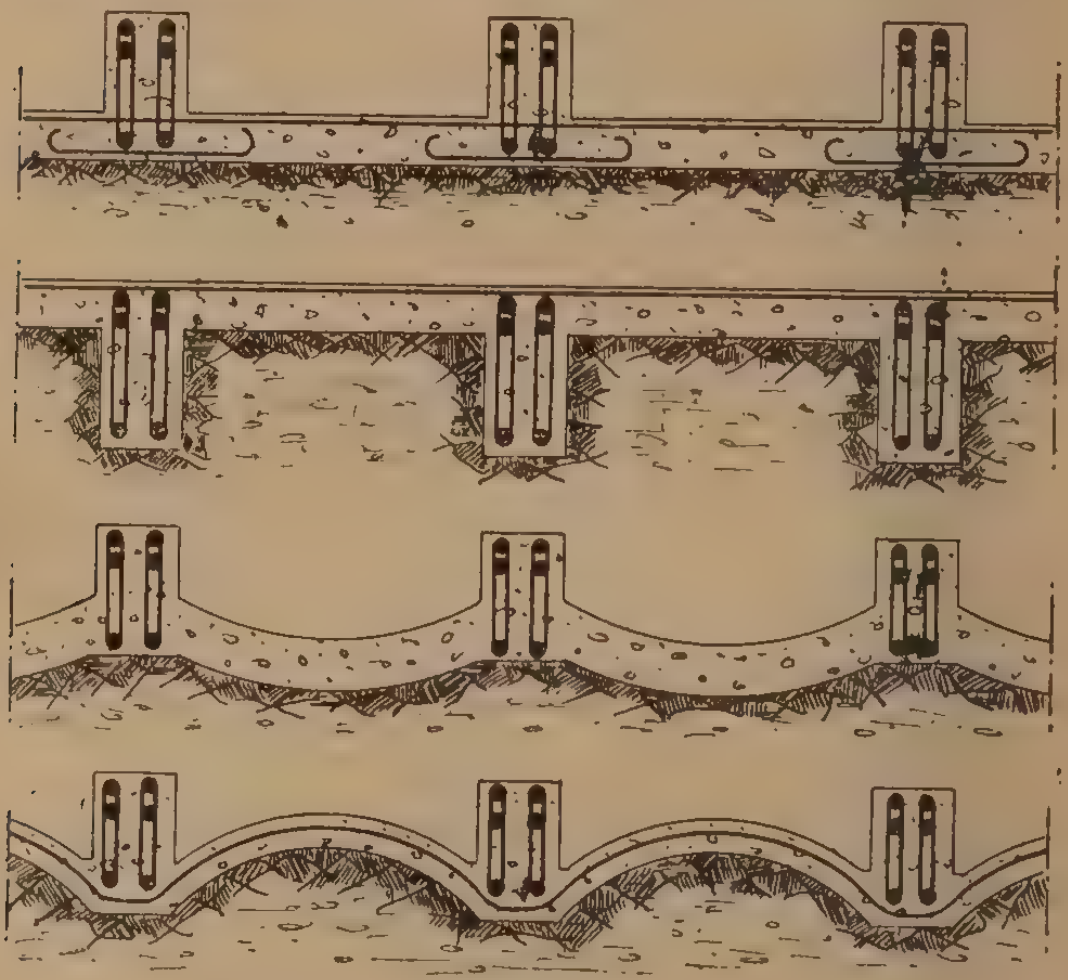


Fig. 293 à 296

pliquer directement la chape annulent l'écart de prix.

Le troisième type (fig. 295) remplace la dalle par des voutains et économise les armatures. La poussée est neutralisée par des tirants qui relient les poutres de distance en distance.

Le radier système Atlas (fig. 296) repose sur

un principe opposé : les voutelettes sont paraboliques et concaves vers le bas ; elles subissent uniquement des efforts de traction auxquelles on résiste par des armatures ; le béton ne sert que de remplissage. On s'oppose au rapprochement des appuis en reliant les poutres par des entretoises en béton non armé.

**Exécution d'un radier.** — La seule difficulté provient du voisinage de l'eau ou de terres ébouleuses et de l'embarras des étais des fouilles. Le fond du coffrage est le sol lui-même, mais quand le terrain est ébouleux, il faut se résoudre à coffrer à bois perdu les joues des poutres, même dans le cas du type II (fig. 294).

Le ferraillage et le bétonnage sont faits dans l'ordre suivant dans le cas du type I (fig. 293) :

*a*) Pose des armatures des poutres, les fers de tension en dessus ;

*b*) Couche de protection de 0 m. 02 en béton ;

*c*) Chapeaux de hourdis ;

*d*) Bétonnage de la dalle ;

*e*) Ferraillage de la dalle ;

*f*) Parachèvement de l'épaisseur de la dalle ;

*g*) Coffrage des joues des nervures ;

*h*) Bétonnage des nervures.

## PLANCHERS D'HABITATION

La dalle nervée ordinaire convient parfaitement pour les planchers industriels, mais elle n'est pas employée dans les planchers d'habita-

tion où l'on cherche à dissimuler les nervures en plafond, et à supprimer la sonorité qui est très grande pour les dalles à simple épaisseur.

Il existe un grand nombre de systèmes de planchers qui évitent ces inconvénients et dont le principe commun est le suivant : Le plancher comporte une série de solives parallèles en béton armé dont l'espacement varie de 0 m. 25 à 0 m. 50, et une dalle très mince à la partie supérieure. Cette dalle, en raison de sa courte portée, subit des efforts de flexion négligeables, aussi certains constructeurs la suppriment-ils en laissant seulement une table en T à la face supérieure des solives. L'armature de la dalle est réduite à un quadrillage sommaire ou même complètement supprimée.

Les solives étant plus nombreuses à se partager les charges, sont plus faibles que dans une dalle nervée ordinaire.

La principale difficulté résultant de la multiplication des nervures est le coffrage économique de celles-ci et c'est là que réside l'originalité des systèmes proposés :

Certains systèmes emploient des éléments moulés à terre dans des moules métalliques, puis juxtaposés de façon à former plancher continu ;

D'autres emploient des solives moulées à l'avance et reliées par une dalle coulée en œuvre ;

Enfin, les systèmes les plus récents coulent le plancher entièrement en œuvre, ce qui est certainement bien préférable pour réaliser le monolithisme. Les joues des nervures sont coffrées par

des noyaux creux, qui restent ensuite emprisonnés dans la masse en donnant une sous-face horizontale.

Ces hourdis sont confectionnés, suivant les systèmes, en poterie, en plâtre ou en ciment. Ils sont disposés en rangées parallèles, appuyés sur des rangs de madriers espacés en ménageant entre eux le logement des solives (fig. 298).

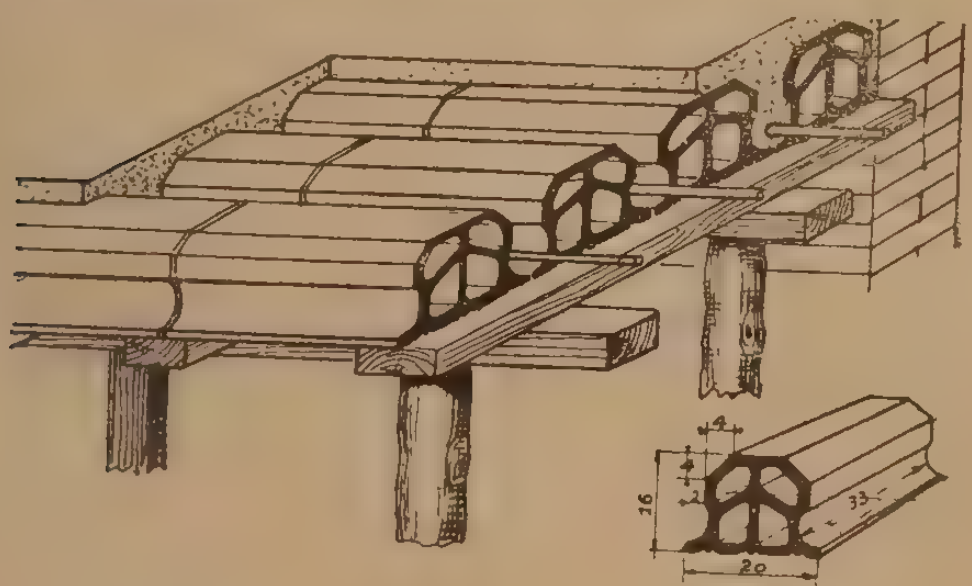


Fig 297




Fig 298

Les poteries sont relativement coûteuses, mais la pose est si rapide et la quantité de fer et de béton si réduite que le prix de tels planchers n'est pas plus élevé que celui de la dalle nervée ordinaire.

Ces planchers sont assez insonores, isolants du froid et de l'humidité ; les vides intérieurs sont mis à profit pour le passage de canalisations et de conduits de chaleur et de ventilation.

La sous-face est prête à recevoir l'enduit de plafond sans interposition de lattis ; il est utile, pour éviter tout risque de fissure et de variation de teinte en plafond, que le béton ne soit nulle part apparent à la sous-face.

**Système Pfeiffer.** — Ce système emploie des briques creuses de forme spéciale (fig. 297-298) et ne prévoit ni armature de dalle, ni étriers, ni fers de compression des solives. Il fait varier la résistance du plancher par le nombre et l'échantillon des fers de tension et par la hauteur des briques dont il existe deux modèles.

**Système Frazzi.** — Les briques creuses employées peuvent se juxtaposer, permettant l'espacement variable des solives. Les quatre types de poteries pouvant se coucher indifféremment sur les deux faces donnent huit hauteurs possibles de plancher. Le fond des nervures est masqué par des plaquettes de terre cuite pour éviter l'inconvénient plus haut signalé (fig. 299).

**Système Ferrand.** — Les noyaux sont des tubes de plâtre dont le gros avantage est de pouvoir être confectionnés à pied d'œuvre. Quand l'écartement des solives est grand, les hourdis sont cloisonnés par des nervures en plâtre venues de moulage. Les parois latérales inclinées maintiennent les hourdis en place au décoffrage.

Le contact ciment plâtre n'est pas à redouter.

**Exécution des planchers.** — La parfaite horizontalité des hourdis est de rigueur afin d'économiser le plâtre des plafonds et le béton de la dalle.

Les files de madriers de soutien des hourdis sont portées par des étais calés par des coins et entretoisés. Le plancher se compose de bastaings espacés à la demande pour porter les hourdis (fig. 297). Toutefois, il est bien plus commode pour le service et pas plus coûteux de faire une aire en planches jointives, d'autant plus que celles-

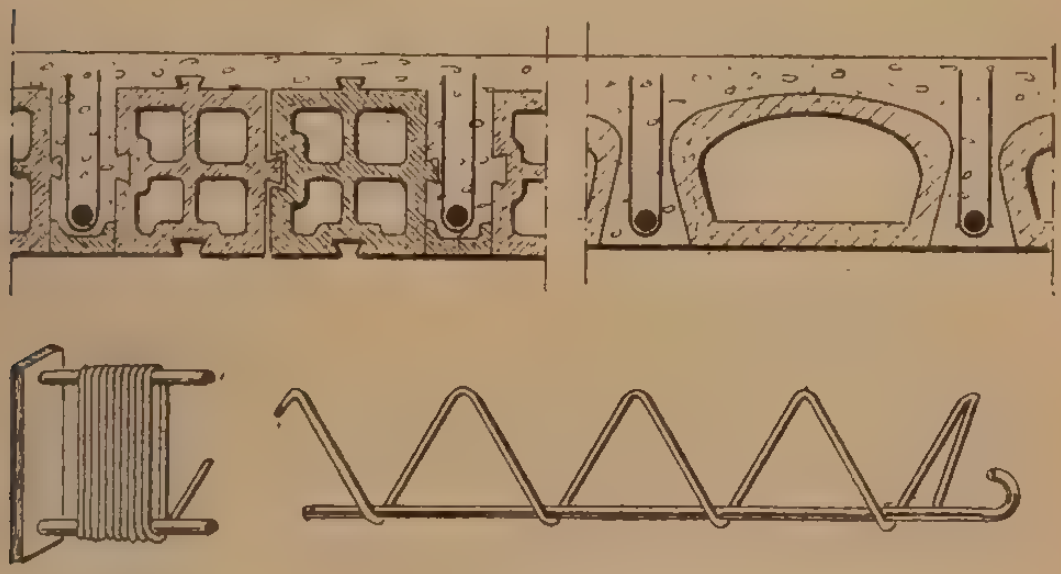


Fig. 299 à 302

ci n'étant pas au contact du béton sont récupérées intactes au décoffrage.

La pose des hourdis est très rapide ; il convient de les aligner au cordeau parce que les déviations des nervures sont très préjudiciables à la résistance du plancher.

Le ferraillage est des plus simples. Il est à recommander même pour les systèmes qui ne prévoient pas d'étriers, d'en placer quelques-uns au voisinage des appuis. Un procédé pratique con-

siste à remplacer les étriers par un fil continu plié en zigzag : on prépare ce fil à l'avance en l'enroulant en spires jointives sur un gabarit formé de deux barres espacées de 1,25 fois la hauteur des solives (fig. 302) ; on enfile les spires sur l'armature, on les écarte (fig. 302) et on les bloque en les écrasant au marteau.

Le béton est gâché assez liquide pour ne pas nécessiter de pilonnage. Les hourdis poreux auront tôt fait d'absorber l'eau en excès. On coule en même temps nervures et dalle et on nivelle à mesure à la règle.

Le décoffrage est opéré comme celui d'une dalle simple.

## TERRASSES

Les terrasses comptent parmi les travaux les plus difficultueux du bâtiment et les mécomptes si fréquents, alors que toutes précautions semblent prises, justifient la suspicion où elles sont tenues par de nombreuses personnes.

La terrasse en zinc parfaitement étanche ne se prête pas à la circulation ; de plus elle repose sur un plancher en bois dont l'échauffement est très rapide pour peu que l'aération en soit mal assurée.

Les terrasses en béton, insensibles aux intempéries, ne peuvent être rendues étanches qu'au prix d'un travail coûteux et minutieux.

**Pente.** — La pente minimum des terrasses en béton armé est de 1 cm. 5 par mètre, nécessaire

pour que l'eau ne séjourne pas derrière les bourrelets produits par les recouvrements de la chape imperméable.

La pente normale est de 2 cm. 5 par mètre.

Au-dessus de 5 centimètres, le sable de protection est entraîné par les eaux.

Dilatation. — Comme pour les dallages, les effets de la dilatation sont sensibles dès que la longueur atteint 15 mètres. La fatigue produite dépasse de beaucoup le taux permis pour le béton et amorce des fissures qui, peu apparentes d'abord, s'élargissent ensuite sous l'effet des mouvements successifs.

On combat l'effet de la dilatation en découpant la terrasse en éléments indépendants mesurant 15 mètres au plus dans chaque sens par des joints qui doivent réunir les qualités d'efficacité, de sécurité et d'étanchéité.

Pour être efficace, le joint doit libérer à la fois la dalle et les nervures, car si la dalle est seule exposée à la chaleur, elle reste cependant solidaire des poutres qu'elle entraîne dans ses mouvements. Le joint (fig. 303) est donc d'une efficacité discutable.

Quand la terrasse repose à appui libre sur les murs, cet emplacement est tout indiqué pour le joint (fig. 304).

Dans le cas habituel où la terrasse repose sur des poteaux, on est obligé de placer les joints suivant les lignes de poteaux en dédoublant les poutes et solives suivies par les joints (fig. 305).

Les joints doivent être prévus à l'avance par

l'auteur du projet technique, parce que les éléments sectionnés par eux ont leur résistance sensiblement diminuée du fait de la suppression des encastrements.

Pour être indestructible, le joint doit permettre le déplacement dans les deux sens, et être abrité de la poussière et de l'eau.

On le rend étanche en le bordant par deux murettes sur lesquelles se raccorde la chape imperméable et on couvre par une bande de zinc (fig. 305).

**Exécution du joint.** — Le joint qui traverse la poutre de part en part est impossible à exécuter convenablement quand on coule à la fois les deux demi-poutres.

Un cloisonnement en bois ou en tôle ne peut être extrait que par une traction violente qui désagrège le béton. Si le durcissement est trop avancé, il n'est même plus possible de l'arracher.

Avec une largeur de joint de 4 centimètres, il est possible de coffrer avec deux parois distinctes de planches minces séparées par des cales ou des fers plats qu'on retire après quelques jours.

Pour réduire les joints à 2 centimètres, on coule le plancher en deux fois : d'abord la partie d'un côté du joint arrêtée par une joue verticale rabotée et graissée qu'on décoffre le lendemain (fig. 307), puis la partie adjacente en coffrant la deuxième face du joint comme au cas précédent (fig. 308).

Sur le poteau, la poutre maîtresse est d'un côté

encastrée et de l'autre à appui libre. Cet appui est réalisé par deux fers scellés l'un dans la

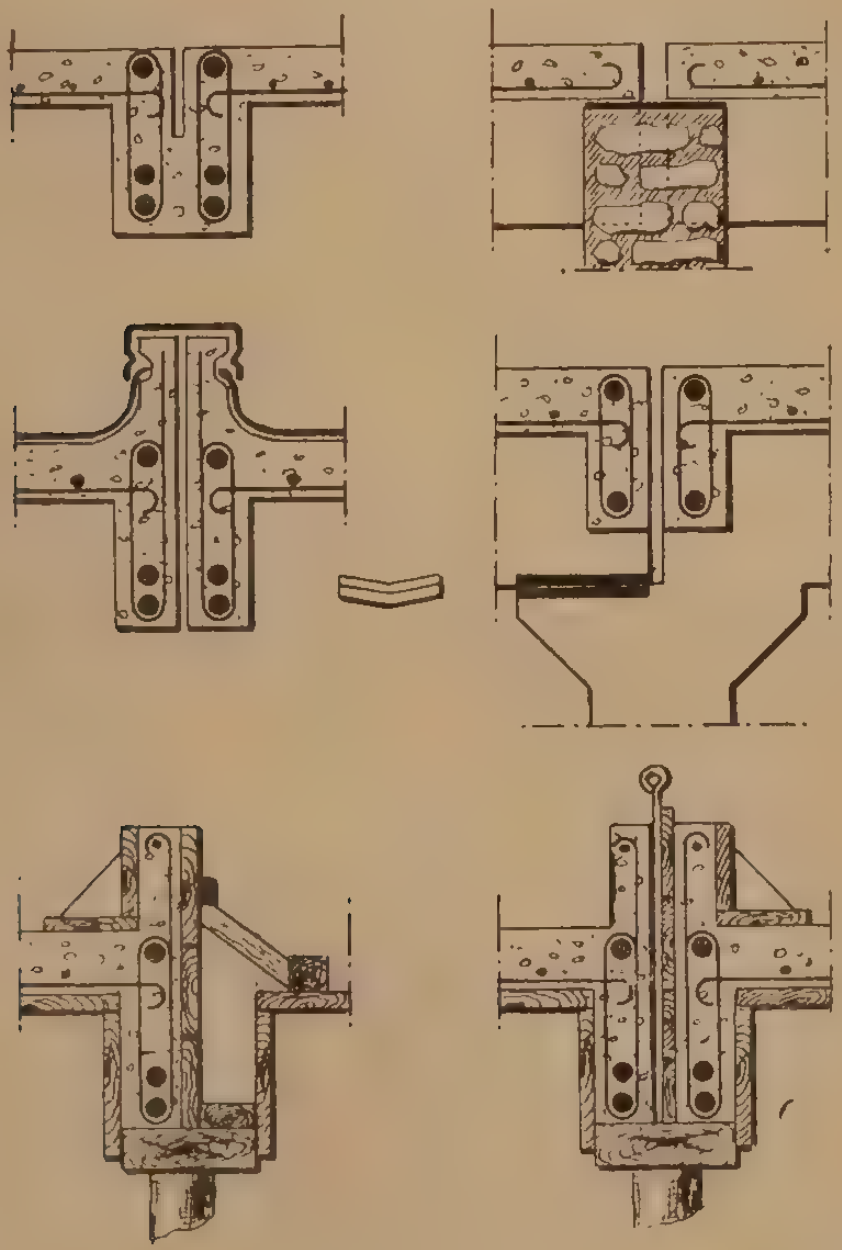


Fig. 303 à 308

poutre et l'autre dans une console du poteau. Leur forme est telle que le coulissement longitu-

dinal soit possible, mais non le déplacement latéral (fig. 306).

**Etanchéité par chape en ciment.** — Le mortier de ciment qui a été préconisé pour l'étanchéité des ouvrages souterrains où l'humidité est permanente et la température uniforme est ici plus sujet à caution.

L'eau pénètre par des fissures d'abord imperceptibles, mais qui s'agrandissent après quelques années. La gelée soulève la chape et la destruction s'accélère rapidement.

Les produits innombrables destinés à rendre le mortier étanche n'apportent pas ici une sécurité plus grande, car ils sont impuissants à obstruer les fissures de dilatation et de tassement.

La chape en ciment doit être complétée par une armature grillagée qui absorbe les efforts de contraction. Toutefois, ce procédé n'est pas applicable aux terrasses de plus de 4 mètres de côté à cause de la dilatation, ni à celles qui couvrent des habitations dont les plafonds ne souffrent pas la moindre trace d'humidité.

**Etanchéité par chape élastique.**— Les mouvements inévitables dus à la dilatation et aux tassements étant les principales causes de fuites, il est tout indiqué d'employer comme hydrofuges des matériaux élastiques où ces mouvements ne pourront causer aucun désordre.

Ces produits très nombreux sont en principe tous efficaces, à condition expresse d'être bien appliqués et protégés.

L'élasticité des mastics doit se conserver malgré l'âge et le froid et ceci exclut les goudrons et brais de houille qui sont partiellement solubles, durcissent dès que leurs essences sont évaporées, et cassent à froid.

La continuité de la chape est évidemment de rigueur, aussi noie-t-on dans son épaisseur une matière fibreuse qui donne en même temps une certaine résistance à la perforation.

Ciment volcanique. — Cette couverture est formée de feuilles de papier feutré alternant avec des couches d'un mastic dit ciment volcanique. Les produits offerts sous cette appellation étrange sont de qualité très variable et doivent être particulièrement surveillés. Les meilleurs sont à base de bitume naturel de la Trinité traité spécialement pour cet usage.

La surface à recouvrir étant bien propre et sèche, on étale à la brosse une première couche de bitume chaud. On déroule à mesure les rouleaux de papier de la première épaisseur en les faisant recouvrir de 5 centimètres (fig. 309). On superpose deux autres couches semblables de bitume alternant avec deux feuilles de papier et on termine par un badigeon de mastic.

Certains applicateurs remplacent la première couche de papier par un feutre asphalté imputrescible et assez résistant.

Callendrite. — Ce produit, qui jouit d'une réputation justifiée, est une plaque de bitume raffiné, armée d'une toile très robuste. La qualité destinée aux terrasses, dite Dampcourse, se fabrique

par plaques de 8 mètres de longueur, 1 m. 50 de largeur et 3 millimètres d'épaisseur.

Le mode d'emploi diffère complètement du ciment volcanique. L'épaisseur est unique ; les soudures sont opérées en faisant recouvrir les feuilles sur 8 centimètres, chauffant à la lampe ou au fer à souder et pressant avec un lissoir.

**Mammouth.** — Ce produit est une plaque d'asphalte armée d'une toile, livrée en rouleaux de 10 mètres de longueur et 1 mètre de largeur. La qualité n° 1, employée pour les terrasses, a 3 millimètres d'épaisseur. Le mode d'application est différent de la callendrite : les rouleaux sont livrés soupoudrés de talc qui empêche le collage par la chaleur. Avant l'emploi, on les frotte énergiquement aux deux faces et surtout sur les rives au moyen de brosses métalliques emmanchées.

Le mammouth est collé sur la dalle en béton avec un mastic bitumineux livré à consistance ferme et qu'on réchauffe dans une chaudière à lessive ordinaire jusqu'à la fluidité convenable. Trop chaud, la bitume fond la plaque en mettant la trame à nu ; trop froid, il se fige au contact du béton et le collage n'a pas lieu. Les rouleaux sont présentés en place, ajustés puis repliés. Un ouvrier badigeonne la toile, tandis qu'un autre enduit la surface correspondante de la dalle. Tous deux appliquent alors la feuille devenue très souple et la lissent avec la paume de la main.

Par temps froid, on laisse séjourner les rouleaux dans un local tempéré et on soude les feuilles à la lampe.

La chape est complétée par une deuxième couche de mastic.

**Toitex.** — Ce produit est un mastic imperméable renfermant des fibres d'amiante. Il adhère à tous les matériaux propres et se conserve indéfiniment plastique.

Pour l'emploi, on nettoie la terrasse à sec et on applique le toitex à la truelle sur une épaisseur de 3 millimètres en calfeutrant tous les joints et les fissures.

Le produit est précieux pour les réparations de couvertures de toutes natures. Il est aussi employé pour garnir les joints de dilatation.

**Indications générales.** — Certains applicateurs rendent la chape bitumée indépendante du plancher en tamisant au préalable à la surface une mince couche de sable fin. Cette pratique, indispensable sur les planchers en bois et en fer, ne l'est plus pour les terrasses en béton armé dont les mouvements sont de si faible amplitude que l'élasticité du bitume suffit à éviter les déchirures, du moins avec les produits de bonne qualité.

Lorsque la chape est collée à la dalle, toute fuite est immédiatement localisée, tandis que dans le premier cas l'eau peut voyager entre dalle et chape et percer le plafond fort loin du point de pénétration dans la première couche.

L'application de tous les produits bitumineux demande un temps chaud et sec. L'humidité et le froid empêchent complètement l'adhérence au béton. Par temps froid, on peut employer comme

colle une dissolution froide de bitume dans le benzol qui sèche par évaporation, mais qui donne une épaisseur moindre.

La chauffe du bitume ne va pas sans quelque danger et un homme est spécialement chargé de l'opération. Il maintient la chaudière aux trois quarts remplie, ajoute le bitume à mesure de la consommation et règle le feu pour maintenir la consistance voulue. L'incendie est des plus redoutables : pour éteindre le feu dans la chaudière il suffit de la couvrir ; pour l'éteindre à terre, il faut répandre sur le bitume, non de l'eau mais du sable ou de la terre.

On installe la chaudière, soit à terre, soit sur la terrasse même, loin de tout dépôt de combustible.

A la cessation du travail, on éteint le feu et on couvre la chaudière. Le débordement peut en effet être provoqué par l'ébullition ou par une chute de pluie.

**Protection de la chape.** — La chape en bitume a besoin d'être protégée de l'ardeur du soleil et de la circulation. En particulier on exige des ouvriers qui l'exécutent et de tous ceux qui ont à y circuler avant l'achèvement, d'être chaussés d'espadrilles.

Pour les terrasses où la circulation n'est qu'occasionnelle, on se contente de répandre une couche de 0 m. 08 à 0 m. 10 de gravillon de rivière à l'exclusion de sable de concassage dont les arêtes sont tranchantes.

Parfois, on place d'abord au contact du bitume

une couche de sable fin destiné à protéger des

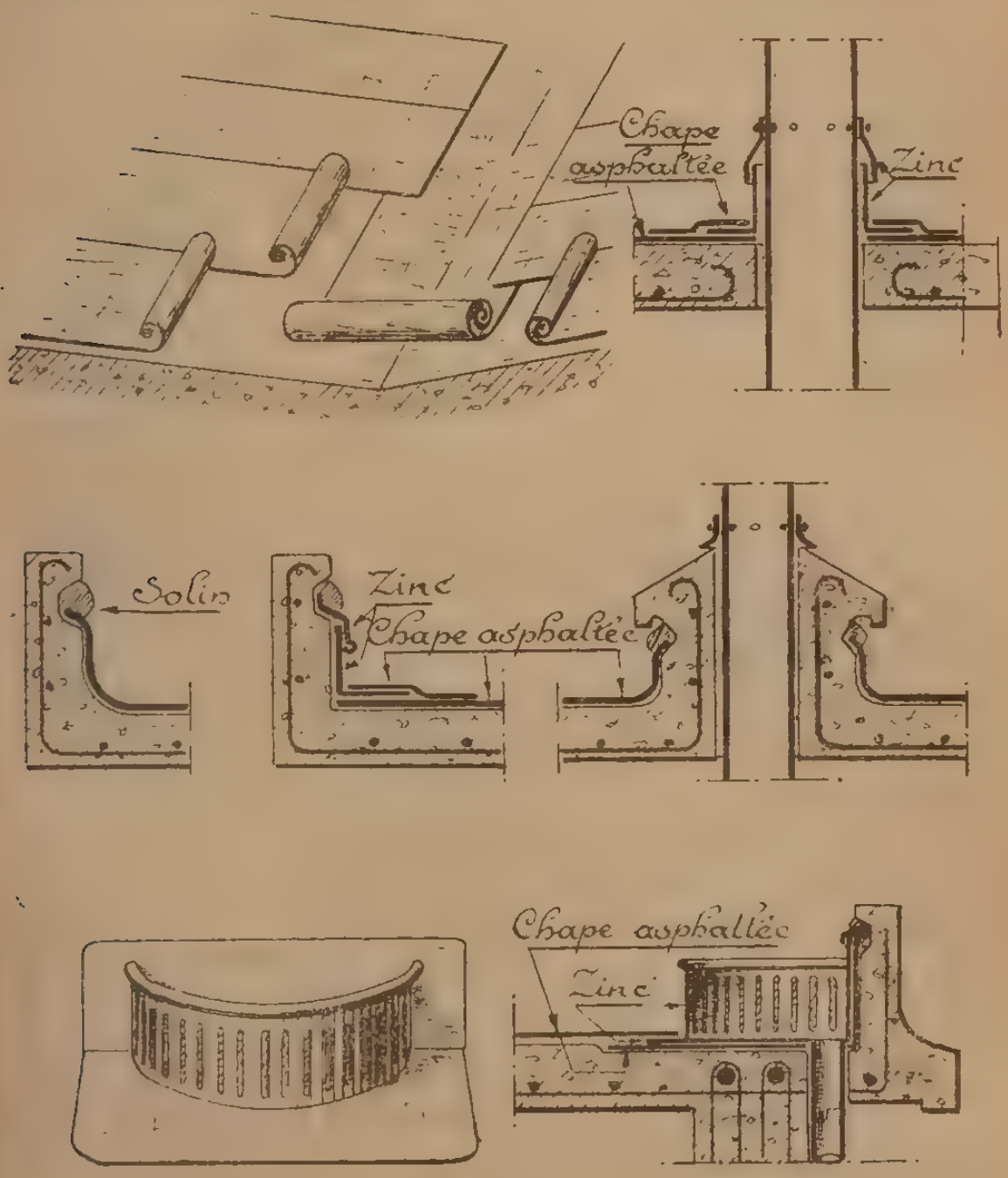



Fig. 309 à 315

éraflures par les gravillons. Ce sable s'agglomère avec le bitume en donnant une croûte résistante

sans doute, mais nuisible à l'écoulement de l'eau. En outre, ce sable est entraîné dans les chéneaux et obstrue les canalisations. Il gêne la recherche des fuites s'il vient à s'en produire.

Si néanmoins on employait ce procédé, on tamiserait à la surface du bitume encore plastique une couche de quelques millimètres seulement, tout l'excédent de sable non aggloméré étant nuisible.

Quand la terrasse est livrée à la circulation, il est nécessaire de la protéger par un dallage de 6 centimètres d'épaisseur ou par un carrelage.

Quand elle doit recevoir des plantations, on la recouvre d'un béton maigre où l'on ménage des rigoles d'écoulement des eaux.

**Raccord des rives.** — Au pourtour de la terrasse, la chape bitumineuse est relevée en plinthe de 0 m. 20 de hauteur, afin de préserver des infiltrations en période de neige.

L'angle de raccord des surfaces horizontale et verticale est adouci par un solin au mortier de ciment (et non de chaux ni de plâtre). Les feuilles doivent épouser la courbe du solin, car les moindres poches sont l'origine certaine de fuites.

Le bord de la feuille est logé dans une engravure qu'il y a lieu de prévoir avec l'exécution du gros œuvre. Le collage de la partie verticale est opéré après ramollissement à la lampe à souder.

On protège le raccord par une bande de zinc (fig. 312) ou plus simplement par un solin au ciment (fig. 311).

**Chéneaux et descentes d'eau.** — Il faut établir en principe les collecteurs d'eau et les descentes hors de la terrasse, surtout sur les bâtiments d'habitation.

Quand l'eau s'écoule sur la dalle même, on garnit les fonds de noues et les chéneaux d'une feuille unique longitudinale de chape bitumée de façon à supprimer les recouvrements qui entravent l'écoulement (fig. 309).

Les chéneaux aboutissent aux cuvettes de descentes dont le raccord est assez délicat.

La cuvette de 0 m. 30 de diamètre est entièrement en zinc. Le socle déborde de 0,10 tout autour du tambour qui est percé de fentes verticales arrêtées à quelques millimètres seulement du pied (fig. 314).

L'emplacement de la cuvette étant légèrement approfondi, on tapisse le fond avec une première feuille d'asphalte plus large que le socle de la cuvette ; puis on colle cette dernière à bain de bitume. Enfin, on exécute la chape comme précédemment, en découpant les feuilles au pourtour du tambour et en les collant sur le socle en zinc. (fig. 315).

Un tel joint n'a pas de relief et reste absolument étanche ; le moignon de départ de la descente peut être placé sur le côté, assez bas toutefois pour éviter la stagnation de l'eau.

**Raccords divers.** — Les raccords à la maçonnerie, aux murettes de lanterneaux, etc., sont semblables à ceux des murettes de rive.

Le raccord aux tuyaux métalliques, poteaux en

fer, etc., s'inspirent du même principe que celui des cuvettes : la chape volcanique est soudée à une manchette en zinc et le tuyau porte une collerette formant larmier au-dessus de la manchette (fig. 310).

Le raccord aux conduits de fumée nécessite l'interposition d'un massif isolant en béton ou en briques (fig. 313).

**Epreuve d'étanchéité.** — Le procédé le plus simple consiste à laisser la terrasse en observation pendant un hiver avant de la recouvrir de gravillon.

Pour les locaux d'habitation, il est indispensable de vérifier l'étanchéité avant les travaux intérieurs : pour cela, on obstrue les descentes d'eau et on recouvre d'une nappe d'eau de 0 m. 10 qu'on laisse séjourner pendant vingt-quatre heures.

Cette surcharge correspondante à 100 kilos par mètre carré est insignifiante.

**Réparation de terrasses.** — Les fuites apparaissent presque toujours aux rives ou aux raccords. La réparation est facile, car tous les produits employés se soudent très bien, mais c'est la recherche de la fuite qui est délicate. C'est pourquoi le collage direct de la chape sur la dalle a été précédemment conseillé, ainsi que l'usage de gravillon seul comme couche de protection.

L'humidité observée sur les rives ne provient pas toujours de fuites, mais encore d'eau qui s'est infiltrée dans les murs et les poutres de rive. C'est pourquoi il est nécessaire de prolonger la

chape étanche sous toute la largeur des murs et sur l'acrotère des balustrades. La Callendrite et le Mammouth étendus sur une assise lisse en mortier de ciment résistent très bien à l'écrasement. Si le mur était déjà construit, il faudrait enduire la partie exposée à la pluie sur la plus grande hauteur possible.

Le Toitex permet la réparation instantanée des terrasses même par temps de pluie et de gelée.

## FOSSES ET RÉSERVOIRS

Ces ouvrages ont comme particularité d'être soumis à des pressions variables sur la face intérieure et d'exiger une étanchéité absolue.

Cette condition est de réalisation facile, parce que l'adhérence de la chape est aidée par la pression du liquide et que les pores du béton ont tendance à se colmater à l'usage.

Le calcul montre que les parois cylindriques et sphériques conviennent mieux que les faces planes pour supporter de fortes pressions de liquides, aussi ces formes sont-elles seules usitées pour les ouvrages de quelque importance.

Les faces planes sont soumises à des efforts de flexion analogues à ceux des dalles et cloisons (voir Ire partie). Elles sont supportées par des poutres, des tirants et des poteaux (fig. 316).

Les faces cylindriques retenant l'eau sur le côté intérieur sont soumises à des efforts de traction uniformément répartis au pourtour : les frettes circulaires absorbent à elles seules cet effort, tan-

dis que le béton joue seulement le rôle de remplissage (fig. 317).

Les faces cylindriques retenant l'eau à l'extérieur sont comprimées sur toute leur étendue : elles travaillent comme un arc plein-cintre et leur armature n'a qu'un rôle accessoire de liaison.

Enfin, les fonds de réservoir qui ont à subir des pressions considérables sont constitués par des calottes sphériques convexes qui résistent à la façon d'une voûte en répartissant les efforts sur une frette circulaire (fig. 317).

Les sujétions de coffrage courbe sont largement compensées par l'économie de matériaux et la diminution de poids.

**Coffrage cylindrique.** — Le coffrage d'une paroi cylindrique se compose de deux faces en planches de 0,027 verticales maintenues par des cerces, faites de madriers chantournés (fig. 318). Pour faciliter le bétonnage, la cloison intérieure se compose d'éléments interrompus à mi-hauteur des cerces, et mis en place à mesure des besoins.

**Coffrage sphérique.** — Le coffrage sphérique est formé de planchettes flexibles clouées sur des cintres très rapprochés (fig. 319).

Un autre procédé consiste à construire en bois un coffre sommaire assez voisin de la surface à réaliser, à dégrossir ensuite avec du mortier de plâtre et mâchefer, puis à tourner la surface définitive au calibre avec du plâtre pur.

**Etanchéité.** — L'étanchéité sous une pression inférieure à 4 mètres d'eau est suffisamment as-

surée par un enduit intérieur en mortier de ciment au dosage de 1.200 kilos de ciment arti-

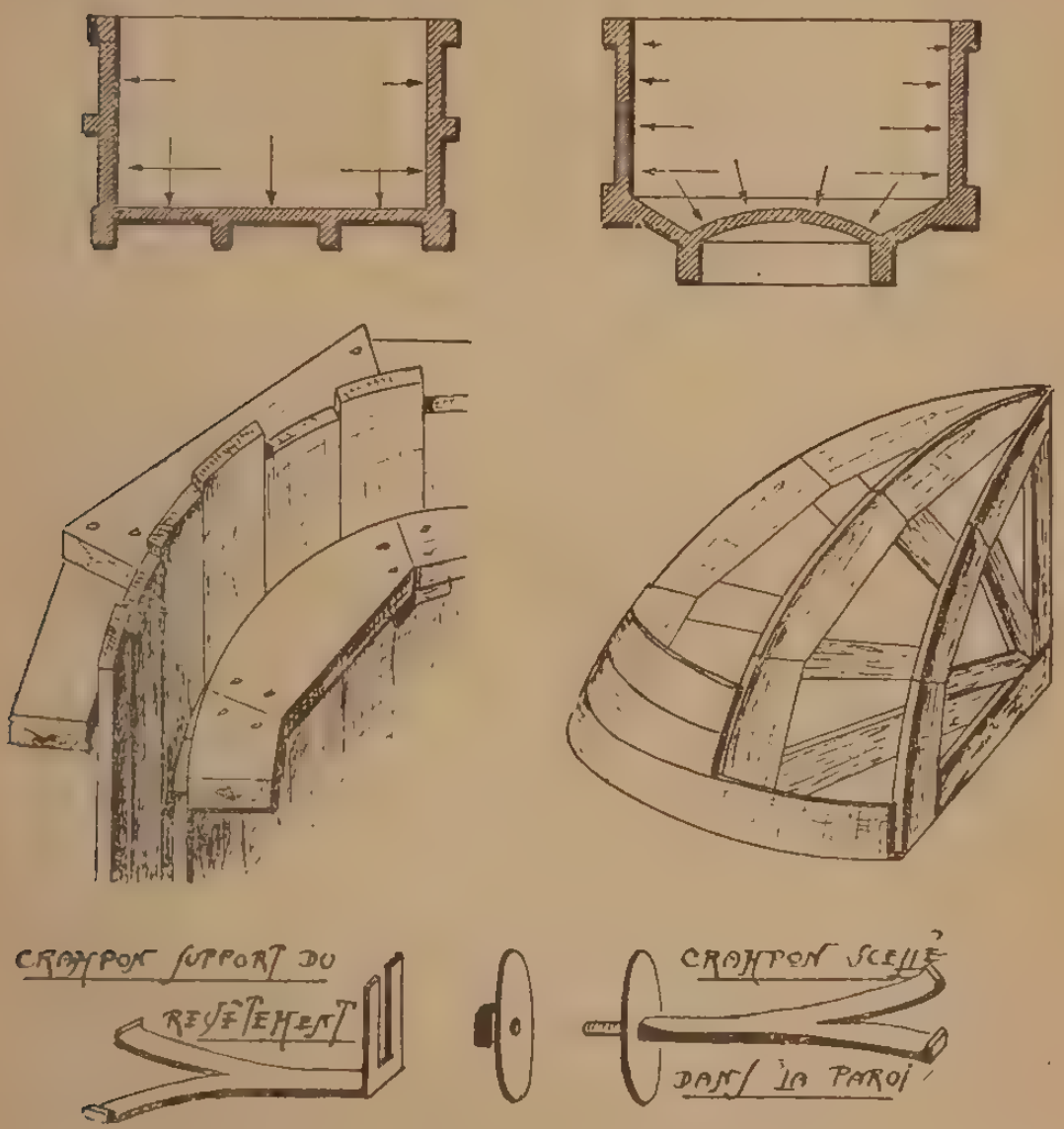



Fig. 316 à 320

ficiel pour 1.000 litres de sable. Cet enduit est exécuté avec toutes les précautions indiquées à la IIIe partie du volume. L'addition de produits hydrofuges n'augmente pas sensiblement sa qualité.

Pour les ouvrages plus importants, il est préférable de revêtir la paroi intérieure d'une chape élastique protégée par une seconde épaisseur de béton.

La callendrite est très employée pour cet usage, parce qu'elle supporte de fortes pressions et ne communique aucun goût à l'eau.

Les feuilles sont appliquées sur toute la surface et soudées comme il a été dit au chapitre des terrasses. Sur les parois verticales, les feuilles sont percées par des crampons spéciaux (fig. 320) scellés au préalable dans la paroi en béton. D'autres crampons viennent s'accrocher aux premiers et servir de support à un revêtement ferraillé dont l'imperméabilité n'est pas indispensable.

**Exécution d'une cuve de contenance inférieure à 10 mètres cubes.** — Jusqu'à cette contenance, la forme rectangulaire est la plus économique.

Les six faces planes travaillent à la flexion comme des dalles dont les appuis seraient constitués par les faces adjacentes.

Ces dalles seraient justiciables d'un calcul qu'on n'exécute en pratique que dans l'un des cas suivants :

*a*) La pression d'eau est supérieure à 2 mètres ;

*b*) Le radier est sur mauvais sol ou sur le vide ;

*c*) Il existe une pression extérieure d'eau ou de terres ébouleuses ;

*d*) La face supérieure demeure ouverte.

Le radier et les parois sont constitués par des dalles simples en béton au dosage de 400 kilos

de ciment artificiel et armées d'un quadrillage de fers ronds proche de la paroi extérieure.

Les éléments des dalles sont :

| Contenance | Épaisseur totale | Fers | Espacement |
|---|---|---|---|
| MÈTRES CUBES | CENTIMÈTRES | MILLIMÈTRES | CENTIMÈTRES |
| 1 | 6 | 6 | 15 |
| 1 à 3 | 8 | 6 | 10 |
| 3 à 6 | 10 | 8 | 15 |
| 6 à 10 | 12 | 8 | 10 |

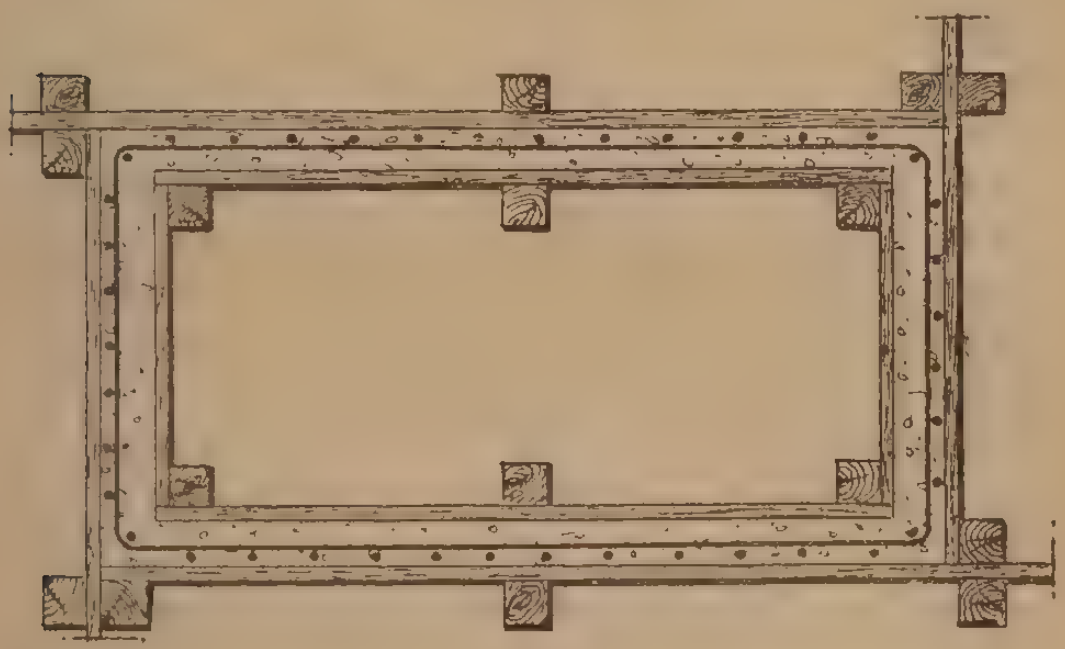


Fig. 321

On construit un premier bâti rigide avec des cadres en chevrons espacés de 1 mètre et destiné à maintenir le coffrage de la paroi extérieure. Le dispositif de la figure (fig. 321) permet l'emploi pour ce coffrage de planches de longueur quelconque.

On place les armatures préalablement coudées en U au gabarit de façon qu'elles recouvrent le

radier et se dressent le long du coffre (fig. 322). on bétonne le radier en enrobant les fers du quadrillage ; on dispose les fers du réseau horizontal des parois et on les ligature sur le premier réseau ; on monte le bâti de soutien du coffre intérieur ; enfin on bétonne les parois en montant le coffrage intérieur à mesure du remplissage.

Après la prise, on décoffre l'intérieur avec précaution ; on enduit le radier et les parois, on coffre la dalle supérieure, on rabat les armatures latérales dont la longueur a été exactement mesurée pour faire le tour de la cuve et dont les joints sont croisés ; on bétonne la dalle et on l'enduit. Enfin on décoffre la dalle et l'extérieur.

Pour les cuves enterrées en terrain consistant, les parois de la fouille bien dressées font office de coffrage extérieur.

Citerne. — Une citerne destinée à recueillir des eaux potables doit satisfaire à quelques conditions spéciales :

*Contenance.* — Les citernes alimentées par intermittence (pluies, puits saisonnier), ont une contenance suffisante pour la traversée de la plus longue période de sécheresse et déterminée au moyen des données suivantes :

La consommation quotidienne est en moyenne :

40 litres par habitant, compris les besoins de la cuisine, de la toilette, du ménage et de la lessive ;

15 litres par habitant pour les W.-C. à chasse d'eau ;

180 litres par bain ;

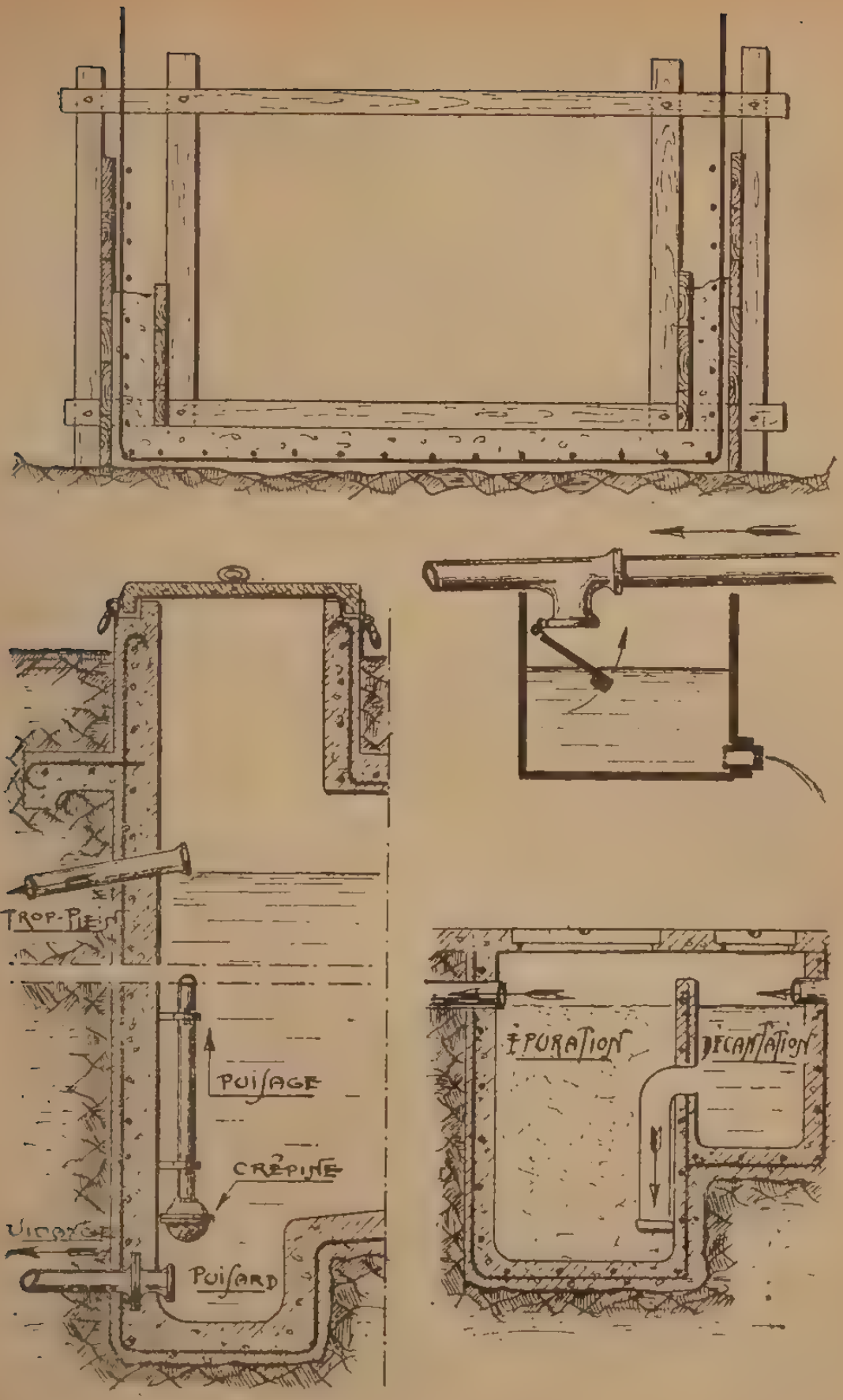

TROP-PLEIN
PUISAGE
CRÉPINE
VIDANGE
PUISARD
ÉPURATION
DÉCANTATION

Fig. 322 à 325

60 litres par cheval ou tête de bétail.

La capacité est au moins égale à la consommation de cinquante jours dans le nord et le centre de la France et de quatre-vingt-dix jours dans le midi.

La surface de toiture à drainer compte autant de mètres carrés qu'il est consommé de litres d'eau par jour.

*Epuration des eaux.* — Les eaux de pluie sont souillées par de multiples causes : poussière, feuilles mortes, plomb et zinc des toitures, excréments d'oiseaux, etc....

Il existe des purgeurs automatiques qui détournent de la citerne les premières eaux qui sont évidemment les plus malpropres. Le purgeur à volume (fig. 324) peut être construit sur place à peu de frais. Il se compose d'un récipient en zinc ou en ciment où se déverse une tubulure de la canalisation d'arrivée. Cette ouverture est munie d'un clapet à flotteur ; à la base du récipient se trouve une bonde percée d'un trou de vidange très petit et protégé par une toile très fine.

Les premières eaux remplissent le purgeur et les suivantes vont à la citerne ; le clapet fermant l'orifice empêche les remous. Après la pluie, le trou de la bonde vide le purgeur qui se trouve prêt pour un nouveau fonctionnement.

La capacité du purgeur est de 1 litre pour deux mètres carrés de toiture drainée.

A la suite du purgeur se trouve le *citerneau* (fig. 325) divisé en deux chambres : la chambre de décantation munie d'un panier (fig. 165) et

d'un siphon qui arrête à la fois les impuretés lourdes et légères ; la chambre d'épuration qui est remplie de sable de rivière.

Conservation des eaux. — L'évaporation n'est à considérer que pour les citernes construites au-dessus du sol. On les abrite par des murs épais, des talus de terre ou des matériaux isolants.

La contamination par les regards de visite est empêchée par l'application de tampons de forme convenable empêchant l'introduction de liquide même par malveillance (fig. 323).

L'infiltration d'eaux malsaines au travers de la dalle supérieure est empêchée par un enduit en pente terminé par une sorte de larmier qui éloigne les eaux des parois verticales (fig. 323).

L'infiltration par les parois latérales n'est possible que si le niveau des eaux souterraines dépasse occasionnellement celui des eaux de la citerne.

La plus élémentaire précaution consiste à éloigner la citerne de toute cause d'infection (fosse d'aisance, étable, puisard absorbant) ou à la surélever. On peut encore l'enduire à l'extérieur ou l'entourer d'une couche de terre glaise pilonnée.

Enfin on doit la nettoyer chaque année et remplacer le sable filtrant au début de chaque période pluvieuse. Afin d'utiliser la capacité totale de la citerne, on établit la crépine de la pompe au niveau du fond, mais au-dessus d'un puisard où les dépôts entraînés par la pente et le courant, vont se concentrer.

Le tuyau de trop-plein est à niveau légèrement inférieur à celui d'arrivée.

Chaque fois que possible on installe un tuyau de vidange partant du puisard. On place aussi un niveau à flotteur qui renseigne sur la consommation et les fuites possibles.

La Citerne de Venise est une cuve divisée en deux compartiments communiquant par la partie inférieure. Celui où se fait le puisage est rempli de gravier qui réduit les risques d'infection mais occupe 45 0/0 de la capacité de cette chambre.

Fosse d'aisance. — La construction d'une fosse d'aisance est analogue à celle d'une citerne. La capacité à prévoir pour ne nécessiter qu'une vidange annuelle est de 0 m. .50 par habitant à condition de ne pas installer de chasse d'eau.

Ces fosses sont soumises à un règlement très sévère et certaines villes n'autorisent même l'établissement que par des entrepreneurs spécialistes.

L'ancien règlement d'hygiène prévoit un radier et des murs de 0 m. 50 d'épaisseur, un contremur de 0 m. 25 quand la fosse est adossée à un mur d'habitation, et une voûte plein-cintre de 0 m. 35 d'épaisseur minimum. Actuellement les fosses à minces parois en béton armé (à l'exclusion de tout autre matériau) sont autorisées en beaucoup d'endroits.

Les autres prescriptions toujours en vigueur sont : l'étanchéité parfaite, le fond en cuvette, les angles arrondis au rayon de 0 m. 25, la ventilation assurée par un tuyau de grès, la hauteur de 2 mètres.

Fosse à vidange automatique. — Ce système de fosse désintègre les matières organiques solides

de façon à les évacuer sans risque d'encrassement des canalisations.

**Fosse Mouras.** — Le principe de cet appareil est le suivant : les matières solides plus légères que l'eau, forment à la surface du liquide un voile ou *chapeau* au-dessous duquel se développent des mi-

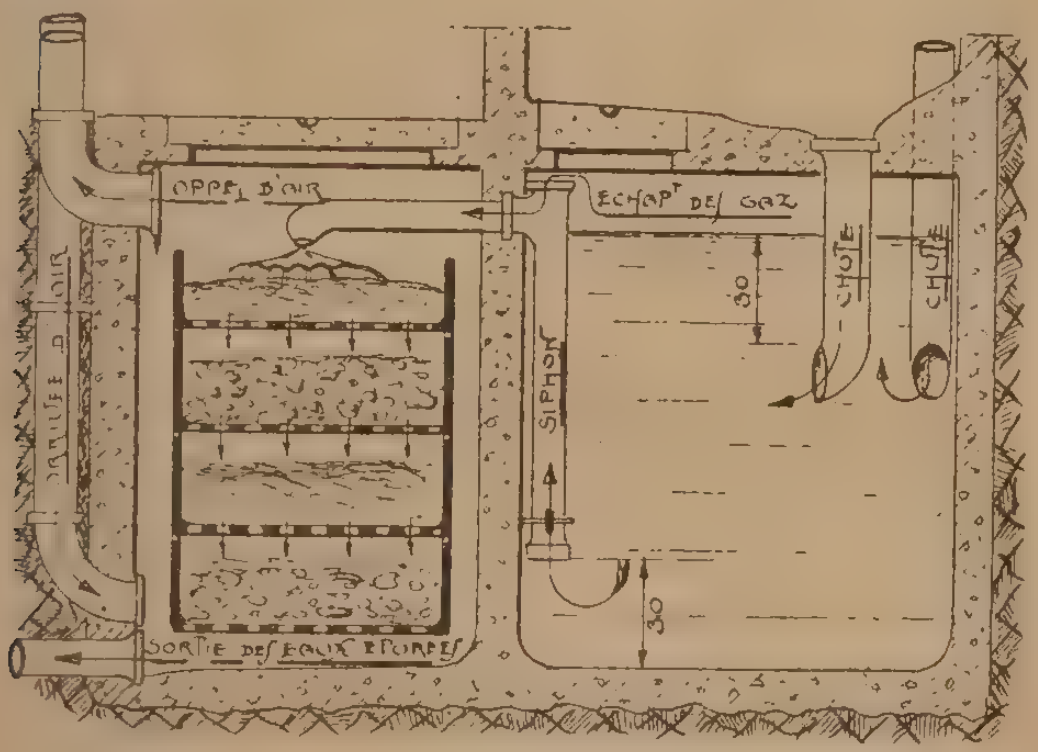



Fig. 326

crobes particuliers qui décomposent ces matières et les rendent solubles. Ces microbes sont appelés *anaérobies* parce qu'ils ne vivent qu'à l'abri de l'air. Il est donc inutile de ventiler une semblable fosse.

Il est indispensable pour le bon fonctionnement que chaque entrée de matière soit accompagnée d'une chasse d'eau.

Les eaux ménagères, les eaux chaudes, les eaux savonneuses et les produits chimiques sont à détourner de la fosse parce qu'ils entravent le développement des microbes. Les eaux de pluie elles-mêmes sont nuisibles par leur température et par leur abondance.

La fosse est remplie d'eau avant la mise en fonctionnement.

La capacité minimum à prévoir est de 0 mc. 25 par habitant, mais pour les fosses construites sur place il est préférable d'aller jusqu'à 0 mc. 50.

Les tuyaux de chute en grès ou en fonte sont siphonnés de 0 m. 30 de manière à conduire les matières sous la croûte solide. Le coude à l'extrémité empêche l'échappement par le tuyau des gaz qui se dégagent du fond (fig. 326).

Le tuyau de départ en grès de 0 m. 08 est siphonné à 0 m. 30 du fond et donne passage aux gaz à la partie supérieure.

Le tampon de visite 0 m. 40 × 0 m. 50 découvre ce siphon qu'on peut ainsi dégorger sans descendre dans la fosse.

Fosse septique. — La fosse Mouras rejette un liquide essentiellement putrescible qu'il est interdit, en ville, d'évacuer à l'égout ou à un puits perdu.

On appelle couramment fosse septique une fosse Mouras où des cloisonnements en chicane obligent les matières à un plus long trajet qui désagrège plus complètement les matières solides. Le problème de l'épuration subsiste néanmoins entièrement.

On adjoint à la fosse une seconde cuve de

1 m. 50 de hauteur et de section transversale 0 mq. 06 par personne. Cette cuve renferme des lits alternés de tourbe et de coke séparés par des grilles en fonte ou en ciment armé. On ménage une large entrée d'air à la partie inférieure et on munit la cuve d'une cheminée d'appel surmontée d'un aspirateur.

Les matières désintégrées dans la fosse Mouras par les microbes anaérobies s'écoulent sur la tourbe où d'autres microbes (*aérobies*) qui demandent au contraire une aération très active, oxydent les résidus de la première transformation.

Le liquide qui sort de l'épurateur est inodore et sans danger. Il peut être déversé n'importe où. Il contient même des nitrates fertilisants qu'on peut récupérer par la pratique de l'épandage.

Un tel appareil demande à être surveillé parce qu'il se colmate assez rapidement : la tourbe se recouvre d'une enveloppe gélatineuse tout à fait inactive, mais dont on retarde la formation par des chasses d'eau dirigées directement sur le filtre sans traverser la fosse. Néanmoins, il faut renouveler les matériaux de l'épurateur au moins deux fois l'an dans les meilleures installations. C'est l'état du filtre et la nature des eaux effluentes qui sera le meilleur indice de la nécessité de cette opération.

Le fonctionnement normal de la fosse Mouras et de l'épurateur ne s'établit qu'après un délai d'un mois environ, nécessaire au développement des colonies de microbes actifs.

## ESCALIERS

**Renseignements généraux.** — Les données d'un escalier sont :

L'EMMARCHEMENT (cote e, fig. 328) qui varie de 0 m. 65 à 1 mètre pour les escaliers de service, 0 m. 90 à 1 m. 20 pour les escaliers d'habitation ordinaire, 1 m. 50 à 2 mètres pour les escaliers d'honneur et de bâtiments publics.

La HAUTEUR DES MARCHES $h$ qui est comprise entre 0 m. 16 et 0 m. 18 mais peut aller jusqu'à 0 m. 20 pour les escaliers de cave et de service.

Le GIRON $g$ (fig. 327) qui varie en sens inverse de la hauteur et est lié à celle-ci par la formule :

$$2\,h + g = 0{,}64 \text{ m.}$$

Le NOMBRE DE MARCHES $n$ qui est égal à la hauteur totale à monter divisée par la hauteur des marches :

$$n = \frac{H}{h}$$

Il y a lieu de s'informer, pour cette détermination des niveaux de départ et d'arrivée qui dépendent eux-mêmes de la nature du sol définitif : chape en ciment, enduit-parquet, carrelage avec ou sans forme, parquet avec ou sans lambourdes, etc...

Le DÉVELOPPEMENT EN PLAN qui dépend des données précédentes. Pour l'obtenir, on trace sur le plan de la cage d'escalier la LIGNE DE FOULÉE qui se trouve à 0 m. 50 de la rampe et on porte à

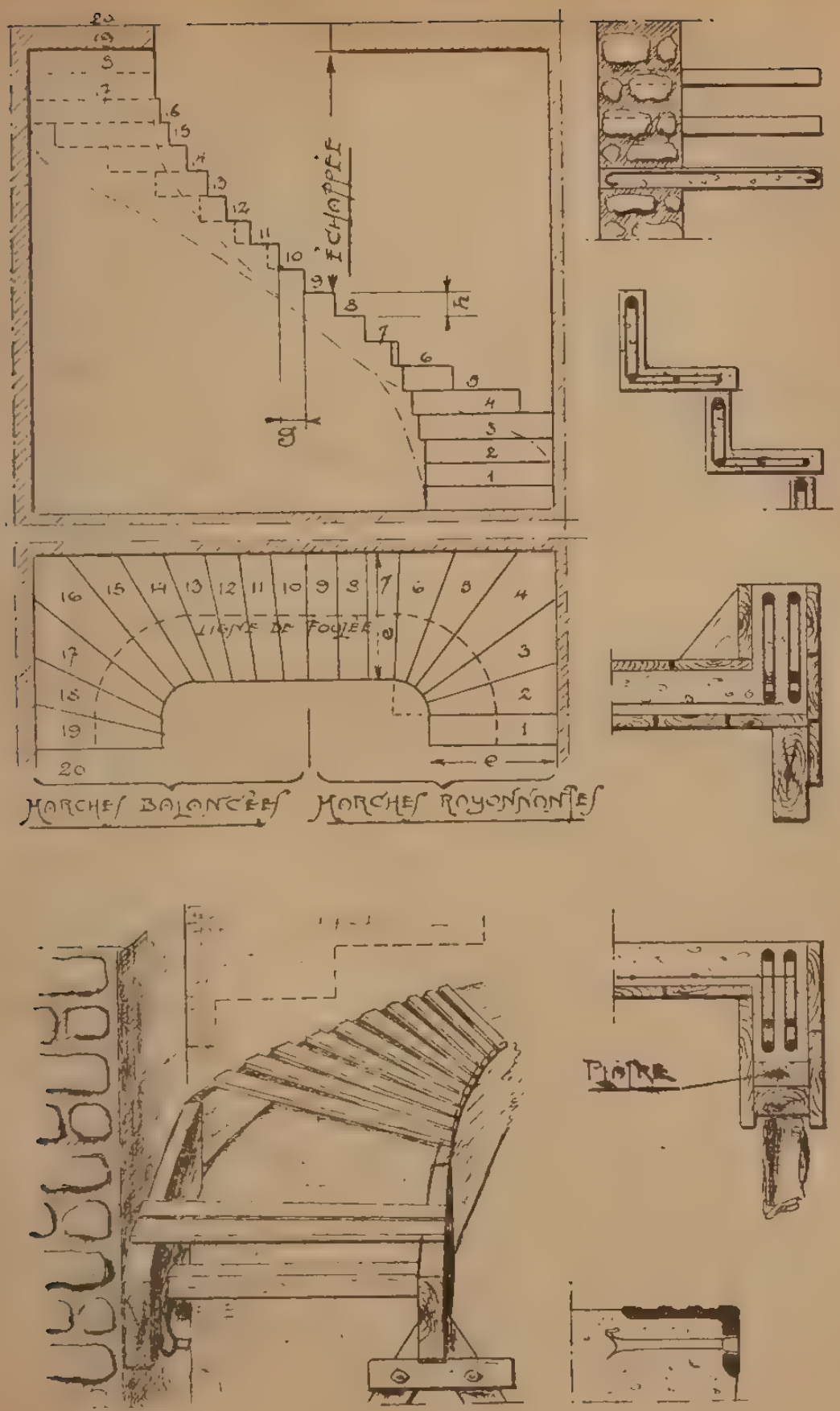

ECHAPPÉE
h
g
LIGNE DE FOULÉE
e
MARCHES BALANCÉES
MARCHES RAYONNANTES
PLOTRE

Fig. 327 à 334

la pointe sèche, le long de cette ligne, autant de divisions égales au giron qu'il y a de marches moins une, puisque le palier supérieur forme lui-même la dernière marche (marche palière) (fig. 328). La longueur développée de la ligne de foulée est donc :

$$l = (n-1)g$$

L'ÉCHAPPÉE qui est la hauteur de dégagement *vertical* au-dessus des marches. Elle est au minimum de 2 mètres dans les escaliers d'habitation mais peut être exceptionnellement réduite à 1 m. 80 dans les descentes de cave.

Le BALANCEMENT ou *gironnement* est une disposition qui consiste à répartir la différence de largeur aux deux extrémités des marches d'un escalier tournant sur un plus grand nombre de marches que celles qui occupent l'emplacement des changements de direction (1).

L'épure d'un escalier est d'abord tracée sur le papier à l'échelle 1/10 avec trois projections : plan, vue de face et vue de profil. L'étude consiste à prévoir les dimensions nécessaires pour les éléments précédemment définis, à disposer les poutraisons des planchers pour laisser les trémies nécessaires et préparer l'accrochage des limons, enfin à fixer l'emplacement des portes et croisées qui s'ouvrent dans la cage d'escalier.

Les escaliers en ciment armé sont de plusieurs types :

1. Pour plus de détails, consulter le Manuel de Maçonnerie, par M. CABIAC (J.-B. Baillière et Fils, éditeurs).

**Escalier à marches encastrées.** — Ce type ne nécessite ni limons ni murs d'échiffre (fig. 330) et les marches sont simplement maintenues par leur encastrement. Celles-ci travaillent comme une dalle en encorbellement et se calculent de la même façon : la surcharge à prévoir est de 150 kilos par mètre courant de marche.

Les marches sont soit coulées sur un coffrage, soit plutôt moulées à terre et fichées ensuite.

La forme de la figure 331 donne aux marches une résistance beaucoup plus grande pour un poids très faible.

**Escalier sur limons.** — Les marches sont considérées comme des poutres à deux appuis, reposant sur deux limons de section rectangulaires qui travaillent suivant les cas comme des poutres ou des arcs (fig. 331).

La face supérieure des limons est comprimée, aussi faut-il s'abstenir d'y pratiquer après coup des scellements pour les barreaux de rampe ou pour les cornières de protection des marches.

**Escalier à crémaillère.** — Ce type est plus résistant que le précédent parce que la paillasse de l'escalier se trouvant au niveau de la partie comprimée de la crémaillère aide celle-ci à résister comme une dalle nervée (fig. 332).

Le coffrage est aussi plus facile. Le fond est coffré par un madrier à plat et la courbure est donnée par une surcharge de plâtre.

**Escalier à paillasse armée.** — Dans ce type il n'existe ni limon ni crémaillère: les marches sont un simple remplissage portant sur une dalle

rampante armée. Dans un escalier droit, cette dalle subit des efforts de flexion et de compression faciles à déterminer tandis que dans les escaliers tournants les efforts sont beaucoup plus complexes et la détermination des éléments par le calcul est très difficile.

Par contre, la suppression du limon donne à l'ouvrage une allure de légèreté remarquable tout en simplifiant l'exécution.

**Exécution d'un escalier en béton armé.** — Il est indispensable de tracer l'épure grandeur du coffrage et le plus simple consiste à faire cette étude dans la cage même de l'escalier.

On trace d'abord les marches sur le sol en les balançant convenablement, puis on relève les profils extérieurs sur les murs du pourtour (fig. 328).

Pour les faces où il n'existerait pas de murs ainsi que pour le côté de la rampe, on tracera cette épure sur des panneaux de planches étendus à terre.

Du profil des marches on déduit aisément celui de la paillasse des limons et du coffrage.

On applique le long des murs des madriers chantournés qui suivent exactement le profil du coffrage et on les maintient par des crampons ou des chevillettes piquées dans les murs.

Du côté de la rampe, des madriers analogues sont assemblés pour former cintre et solidement contreventés.

La sous-face de la paillasse est coffrée par des planches minces, des voliges ou des lattes cloués sur le champ des madriers (fig. 334). Dans les

escaliers tournants, il arrive immanquablement en clouant ces planches qu'on garnisse si rapidement le côté intérieur du cintre, le plus court, qu'il ne reste plus de place pour les dernières planchettes. L'artifice consiste à tailler les planchettes plus étroites du côté de l'intérieur de l'escalier et à toujours les disposer horizontalement. Avec des lattes, il suffit de les placer jointives sur le cintre intérieur et de les espacer à la demande sur le cintre extérieur (fig. 333).

La surface est ensuite ragrée au plâtre.

Les joues verticales des limons sont coffrées par des planches de 0,027 clouées à plat sur les cintres (fig. 332) et dont le profil est chantourné suivant la courbe donnée par l'épure.

La disposition des fers dépend essentiellement du type adopté : les limons sont armés de fers de tension de moyen diamètre coudés à froid au gabarit ; la paillasse est armée d'un quadrillage de petits fers ; les marches sont armées comme consoles dans le premier type, comme poutres dans les deux suivants et pas du tout dans le dernier où elles ne participent pas à la résistance.

Le bétonnage peut se faire de deux façons différentes :

1° On coule d'abord les limons et la paillasse en prenant soin, si l'inclinaison est trop forte, de coffrer la face supérieure (fig. 331).

Le lendemain on décoffre cette face et on coule les marches ;

2° On établit le coffre des contremarches au-

dessus du ferraillage de la paillasse et on coule tout l'ouvrage à la fois. Il est alors nécessaire que le béton ait une certaine consistance pour qu'on n'ait pas à coffrer la face supérieure des marches.

Le pilonnage demande beaucoup de soin et certains coins du coffre sont difficilement accessibles.

Après décoffrage, les marches et contremarches

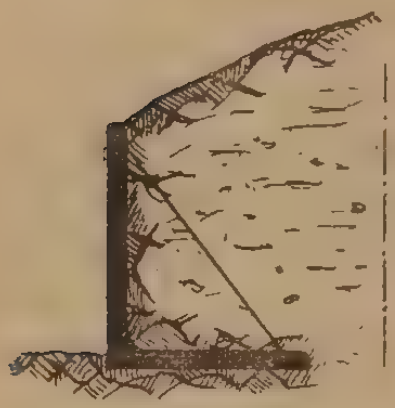


Fig. 335

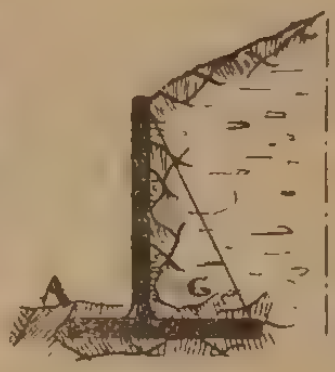


Fig. 336

Fig. 337

reçoivent une chape en ciment, les arêtes sont protégées par une cornière striée (fig. 335), les limons et la sous-face sont enduites en ciment et les angles sont arrondis.

## MURS DE SOUTÈNEMENT

Les murs de soutènement en maçonnerie s'opposent à la poussée des terres par leur propre poids et ceci conduit souvent à des épaisseurs considérables dont le double inconvénient est le prix élevé et la surface perdue.

Le principe des murs de soutènement en béton

armé consiste à recevoir la pression des terres sur un voile mince et à lui opposer le propre poids de la terre contenue. La résistance du mur s'accroît d'autant plus que la poussée est plus forte, de même qu'un nœud coulant serre d'autant plus que l'on tire plus vigoureusement.

*Premier type* (fig. 335). — Le masque vertical qui reçoit la poussée est relié par des tirants ou des équerres à une semelle horizontale. Le renversement du voile entraîne donc obligatoirement le soulèvement des terres.

Le calcul permet de déterminer la largeur à donner à la semelle pour rendre cet accident impossible.

*Deuxième type* (fig. 336). — Le principe est le même qu'au cas précédent, mais la semelle arrière reporte l'axe de pivotement sur l'arête A. L'action du poids des terres augmente avec le bras de levier AG et permet d'enfoncer moins profondément la semelle avant.

*Troisième type* (fig. 337). — Le renversement de l'ouvrage n'est plus à considérer et le glissement est d'autant moins à redouter que l'angle des deux dalles est plus fermé. Ce type est surtout employé pour les barrages.

La théorie des murs de soutènement est trop ardue pour être exposée ici.

L'exécution, au contraire, n'offre aucune difficulté particulière. On se reportera aux chapitres des radiers et des cloisons.

## TABLEAU XIII. — Sections des barres rondes en centimètres carrés

| Diamètre en millimètres | NOMBRE DE BARRES | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 0.20 | 0.39 | 0.59 | 0.79 | 0.98 | 1.18 | 1.37 | 1.57 | 1.77 |
| 6 | 0.28 | 0.56 | 0.85 | 1.13 | 1.41 | 1.70 | 1.98 | 2.26 | 2.54 |
| 7 | 0.38 | 0.77 | 1.15 | 1.54 | 1.92 | 2.31 | 2.69 | 3 08 | 3.16 |
| 8 | 0.50 | 1.00 | 1.51 | 2.01 | 2.51 | 3 01 | 3.52 | 4.02 | 4.52 |
| 9 | 0.64 | 1.27 | 1.91 | 2.54 | 3.18 | 3.82 | 4.45 | 5.08 | 5.73 |
| 10 | 0.79 | 1.57 | 2.36 | 3.14 | 3.93 | 4.71 | 5.50 | 6.28 | 7.07 |
| 11 | 0.95 | 1.90 | 2.85 | 3.80 | 4.75 | 5.70 | 6.65 | 7.60 | 8.55 |
| 12 | 1.13 | 2.26 | 3.39 | 4.52 | 5.65 | 6.79 | 7 92 | 9 05 | 10.18 |
| 13 | 1.33 | 2 65 | 3.98 | 5.31 | 6.64 | 7.96 | 9 29 | 10.62 | 11.95 |
| 14 | 1.54 | 3.08 | 4.62 | 6.16 | 7.70 | 9.24 | 10.78 | 12 32 | 13.85 |
| 15 | 1.77 | 3.53 | 5.30 | 7.07 | 8 84 | 10.60 | 12.09 | 14 14 | 15.90 |
| 16 | 2.01 | 4.02 | 6.03 | 8.04 | 10.05 | 12.06 | 14.08 | 16.08 | 18.10 |
| 17 | 2.27 | 4.54 | 6.81 | 9.08 | 11.35 | 13.62 | 15.88 | 18.16 | 20.43 |
| 18 | 2.54 | 5.09 | 7.63 | 10.18 | 12.72 | 15.26 | 17.78 | 20.36 | 22.90 |
| 19 | 2.84 | 5.67 | 8.51 | 11.34 | 14.18 | 17.02 | 19 82 | 22.68 | 25.52 |
| 20 | 3.14 | 6.28 | 9.42 | 12.57 | 15 71 | 18.84 | 21.99 | 25.14 | 28.27 |
| 21 | 3.46 | 6.93 | 10.39 | 13.85 | 17.32 | 20.78 | 24 22 | 27.70 | 31.17 |
| 22 | 3.80 | 7.60 | 11.40 | 15.21 | 19.01 | 22 81 | 26.60 | 30.41 | 34.21 |
| 23 | 4.15 | 8.31 | 12.46 | 16.62 | 20.77 | 24.93 | 29.05 | 33.24 | 37.39 |
| 24 | 4.52 | 9.05 | 13.57 | 18.10 | 22.62 | 27.14 | 31.64 | 36.19 | 40.72 |
| 25 | 4.91 | 9.82 | 14.73 | 19.63 | 24.54 | 29.45 | 34.37 | 39.27 | 44.18 |
| 26 | 5.31 | 10.62 | 15.93 | 21.24 | 26.55 | 31.86 | 37.17 | 42.47 | 47.78 |
| 27 | 5.73 | 11.45 | 17.18 | 22.90 | 28.63 | 34.35 | 40.11 | 45.80 | 51.53 |
| 28 | 6.16 | 12.31 | 18.47 | 24.63 | 30.79 | 36.94 | 43.12 | 49.26 | 55.42 |
| 29 | 6.61 | 13.21 | 19.84 | 26.42 | 33.02 | 39.62 | 46.20 | 52.84 | 59.45 |
| 30 | 7.07 | 14.14 | 21.21 | 28 27 | 35.34 | 42.41 | 49.49 | 56.55 | 63.62 |

## TABLEAU XIV. — Poids des barres rondes en kilogrammes par mètre-courant

| Diamètre en millimètres | NOMBRE DE BARRES | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 0.153 | 0 306 | 0.459 | 0.612 | 0.765 | 0.918 | 1.071 | 1.224 | 1.377 |
| 6 | 0.220 | 0.440 | 0.660 | 0.880 | 1.100 | 1.320 | 1.540 | 1.760 | 1.980 |
| 7 | 0.300 | 0.600 | 0.900 | 1.200 | 1.500 | 1.800 | 2.100 | 2.400 | 2.700 |
| 8 | 0.392 | 0 784 | 1.176 | 1.568 | 1.960 | 2.352 | 2.744 | 3.136 | 3.528 |
| 9 | 0.496 | 0.992 | 1.488 | 1.984 | 2.480 | 2.976 | 3.472 | 3.953 | 4.464 |
| 10 | 0.612 | 1.224 | 1.836 | 2.448 | 3.060 | 3.672 | 4.284 | 4.896 | 5.508 |
| 11 | 0.740 | 1.480 | 2.220 | 2.960 | 3.700 | 4.440 | 5.180 | 5.920 | 6.660 |
| 12 | 0.881 | 1.762 | 2.643 | 3.524 | 4.405 | 5.286 | 6.167 | 7.048 | 7.929 |
| 13 | 1.034 | 2 068 | 3.102 | 4.136 | 5.170 | 6.204 | 7.238 | 8.272 | 9.306 |
| 14 | 1.199 | 2.398 | 3.597 | 4.798 | 5.997 | 7.194 | 8.395 | 9.592 | 10.790 |
| 15 | 1.377 | 2.754 | 4.131 | 5.508 | 6.885 | 8.262 | 9.639 | 11.02 | 12.39 |
| 16 | 1.568 | 3.136 | 4.704 | 6.272 | 7.840 | 9.408 | 10.98 | 12.54 | 14.11 |
| 17 | 1.768 | 3.536 | 5.304 | 7.072 | 8.840 | 10.61 | 12.38 | 14.14 | 15.91 |
| 18 | 1.983 | 3.966 | 5.549 | 7.932 | 9.915 | 11.90 | 13.48 | 15.86 | 17.85 |
| 19 | 2.209 | 4 418 | 6.627 | 8.836 | 11.05 | 13.25 | 15.46 | 17.67 | 19.88 |
| 20 | 2.448 | 4.896 | 7.344 | 9.792 | 12.24 | 14.69 | 17.15 | 19.58 | 22.03 |
| 21 | 2.698 | 5.396 | 8.094 | 10.79 | 13.49 | 16.19 | 18.88 | 21.58 | 24.28 |
| 22 | 2.962 | 5.924 | 8.886 | 11.85 | 14.81 | 17.77 | 19.73 | 23.70 | 26.66 |
| 23 | 3.257 | 6.514 | 9.771 | 13.03 | 16.29 | 19.54 | 22.80 | 26.06 | 29.31 |
| 24 | 3.525 | 7.050 | 10.58 | 14.10 | 17.63 | 21.15 | 24.68 | 28.20 | 31.72 |
| 25 | 3.824 | 7.648 | 11.47 | 15.30 | 19.12 | 22.94 | 26.77 | 30.59 | 34.42 |
| 26 | 4.136 | 8.272 | 12.41 | 16.54 | 20.68 | 24.82 | 28.95 | 33.09 | 37.22 |
| 27 | 4.461 | 8.922 | 13.38 | 17.84 | 22.31 | 26.77 | 31.23 | 35.69 | 40.15 |
| 28 | 4.797 | 9.594 | 14.39 | 19.19 | 23.99 | 28.78 | 33.58 | 38.39 | 43.17 |
| 29 | 5.146 | 10.29 | 15.44 | 20.58 | 25.73 | 30.88 | 36.02 | 41.17 | 46.31 |
| 30 | 5.507 | 11.01 | 16.52 | 22.03 | 27.54 | 33.04 | 38.55 | 44.06 | 49.56 |

# TABLE DES MATIÈRES


Pages

I. — PRINCIPES THÉORIQUES DE LA CONSTRUCTION EN CIMENT ARMÉ..... 5

Matières premières. — Mortiers. — Chaux, ciment, plâtre. — Béton armé. — Avantages. — Historique..... 5

Résistance des matériaux. — Compression. Flambage. — Extension. — Cisaillement..... 15

Construction raisonnée des pièces en béton armé. — Tirant, calcul. Poteaux, frettage, — calcul. — Dalle à appuis libres, calcul. — Dalle encastrée, calcul. — Systèmes divers. — Poutre à appuis libres, calcul. — Poutre à appuis encastrés, calcul. — Dalle nervée. — Réalisation par les constructeurs. — Encorbellements, calcul. — Semelle de fondation, calcul. — Cloison de remplissage. — Cloisons supportant des poussées. — Arcs et voûtes..... 30

Lecture d'un dessin, exemple..... 89

II. — MATIÈRES PREMIÈRES. — PRÉPARATION DES MATÉRIAUX..... 107

Bois. — Qualité. — Essences. — Cubage. — Réception — Emmagasinage. — Echafaudages. — Coffrage. — Travail à l'atelier. — Travail au chantier. — Systèmes spéciaux de coffrage. — Etaiement..... 107

Aciers. — Commande. — Conditions de vente. — Réception et essais. — Transport. — Disposition du parc. — Classement. — Nettoyage. 132

Préparation des armatures. — Travail des gros fers : cisaillage, coudage, pliage. — Travail des petits fers : redressage, cisaillage, pliage, étriers, ligatures, recouvrements..... 147
Ciments. — Qualités. Propriétés. — Livraison. — Sacherie. — Réception. — Essais. — Transport, conservation..... 163
Sable. — Qualités. — Approvisionnement. — Manutention. — Tamisage..... 177
Mortiers et bétons. — Dosages. — Malaxage à bras. — Malaxage mécanique. — Bétonnières. — Transport. — Montage. — Roulage. — Appareils. — Mise en œuvre. — Bétonnage sous l'eau. — Reprises — Effets de la sécheresse, de la pluie, de la gelée, de l'eau de mer, des produits chimiques. — Imperméabilité... 184
Décoffrage. — Délais. — Procédés généraux. 219

III. — TRAVAUX DE CIMENTAGE..... 224

Dallages. — Raccords. — Dessins. — Joints. — Enduits-parquets. — Résistance. — Protection. — Imperméabilité. — Ecoulement. — Caniveaux. — Conduites. — Regards et siphons... 224
Moellons artificiels. — Généralités. — Matières premières. — Dosages. — Matériel. — Types d'agglomérés. — Soins aux agglomérés. — Pierres artificielles. — Exemples. — Moules en ciment, en plâtre, en gélatine. — Installation d'un chantier de production..... 250
Enduits. — Enduit lissé. — Enduit ferraillé. — Enduit tyrolien — Enduit similipierre. — Gunite. — Exécution des enduits. — Adhérence. — Retrait. — Action de l'humidité, de la pluie, de la gelée, de la sécheresse. — Décoration. — Moulures..... 282

IV. — EXÉCUTION D'ÉLÉMENTS EN BÉTON ARMÉ..... 307

Semelle de fondation. — Semelle de pilier. — Semelle-dalle. — Semelle nervurée..... 307

Poteau polygonal. — Colonne cylindrique. Poteau creux. — Renforcement d'un poteau.. 312
Poutre rectangulaire. — Poutre de hauteur variable. — Poutre triangulée. — Coffrage sans étais. — Boulons de scellements. — Accrochage..... 326
Dalle simple. — Dalle nervée, à un ou deux systèmes de nervures. — Dalle inclinée. — Dalle à nervures saillantes en dessus..... 344
Cloisons. — Cloisons sans coffrage..... 364
Arcs ; cercle, ellipse, anse de panier..... 368
Linteaux. — Chaînages..... 372

V. — OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ..... 379

Radiers..... 379
Planchers d'habitation. — Systèmes divers. 381
Terrasses. — Joint de dilatation. — Etanchéité par chape en ciment, par chape élastique. — Raccords. — Epreuve d'étanchéité. Réparation..... 386
Fosses et réservoirs.— Coffrage cylindrique. Coffrage sphérique. — Etanchéité. — Citerne. — Epuration et conservation des eaux.— Fosse d'aisance.— Fosse Mouras. — Fosse septique. 399
Escaliers. — Renseignements généraux. — Systèmes divers..... 412
Murs de soutènement..... 418

TABLEAU DES SECTIONS DES BARRES RONDES EN CENTIMÈTRES CARRÉS..... 420

TABLEAU DES POIDS DES BARRES RONDES EN KILOGRAMMES PAR MÈTRE COURANT..... 421

Imp. JOUVE & Cie, 15, rue Racine, Paris — 6266-25

# Bibliothèque Professionnelle

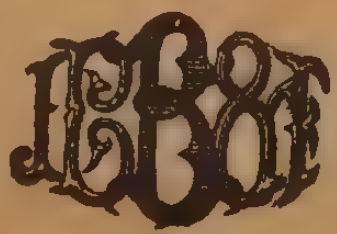
**Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE**

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

---

***120 volumes in-18 rais. (10,5 × 16,5) de 300 à 400 pages avec nombreux dessins.***

**Chaque volume se vend séparément de 8 à 18 francs cartonné.**



**Donner à chacun** (apprenti, ouvrier, contremaître, employé) le moyen commode, sûr, d'acquérir les *connaissances pratiques*, les *tours de main* qui rendront son travail plus intéressant et plus rémunérateur, cela avec d'abondantes illustrations, sous une forme claire, en peu de mots, grâce à l'enseignement des *spécialistes* les plus autorisés, tel est le but de la *Bibliothèque professionnelle*.

Conçus dans un esprit essentiellement *pratique* (étude des matériaux, des produits et de l'outillage; explication raisonnée des procédés de travail les *meilleurs* et les plus *modernes*), pouvant facilement être mis à la poche, d'un prix très modéré, les *Manuels* de la Bibliothèque professionnelle constitueront le guide indispensable de tout travailleur intelligent et avisé. C'est dire qu'ils seront, aussitôt parus, dans toutes les mains.

---

**Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS**

*PARIS — 19, rue Hautefeuille — PARIS*

# Bibliothèque Professionnelle

## Publiée sous la direction de M. RENÉ DHOMMÉE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.

---

Chaque volume se vend séparément de 8 à 18 francs, cartonné.

*(Ajouter 10 p. 100 pour frais d'envoi.)*

---

**Manuels de l'alimentation.** — Boulangerie, pâtisserie, biscuiterie. — Boucherie. — Charcuterie, équarrissage. — Brasserie. — Confiserie, chocolaterie. — Cuisine. — Epicerie. — Industrie et comptabilité hôtelière. — Crèmerie (lait, beurre, fromage). — Meunerie. — Conserves de viandes, salaisons. — Conserves de fruits et légumes. — Sucrerie. — Distillerie, liqueurs. — Vins, cidres, poirés, eaux gazeuses.

**Manuels du bâtiment et des travaux publics.** — Architecture. — Charpente en bois. — Charpente en fer. — Ciment, ciment armé. — Fumisterie, chauffage, ventilation. — Maçonnerie, ravalement. — Menuiserie, parquetage, treillage. — Métrage et vérification, arpentage. — Modelage, plafond, stuc. — Pavage, carrelage, mosaïque. — Peintures en bâtiment, vitrerie, papiers peints. — Travaux publics (*2 vol.*). — Peinture en décors, filage, lettres. — Plomberie, installations hygiéniques, zinguerie, couverture. — Serrurerie, fer forgé. — Taille des pierres, marbrerie. — Cantonnier.

**Manuels des industries textiles, du vêtement et de la mode.** — Bonneterie. — Broderie mécanique, tulle, dentelle mécanique. — Dessin pour tissus, lecture, piquage du dessin. — Corderie, filet à la main, filet mécanique. — Filature. Tissage. — Passementerie, lacet, rubanerie. — Blanchissage, repassage. — Chapellerie en feutre, paille, soie. Modes. — Chemiserie, lingerie. — Coiffure. — Coupe, confection pour hommes. — Couture. — Coupe, confection pour femmes. — Dentelle et broderie à la main. — Fleurs et plumes. — Mercerie. — Pelleterie, fourrures

**Manuels des industries d'art.** — Bijouterie, joaillerie, orfèvrerie. — Boutonnerie, peignes. — Bronze d'art. — Dessin d'ornement, composition décorative. — Dessin industriel. — Décoration du cuir, peinture sur étoffes. — Pyrogravure, enluminure. Peinture au pochoir, cuivre et étain repoussés. — Gravure, ciselure, décor des métaux. — Lutherie, pianos, orgues, accord. — Lunetterie, instruments d'optique. — Jouets.

**Manuels des industries du papier et du livre.** — Cartonnage. — Commis papetier. — Imprimerie, typographie, clichage. — Lithographie. — Gravure, héliogravure, photogravure. — Photographie. — Reliure. — Industrie du papier.

**Manuels des industries du bois et de l'ameublement.** — Abatage des bois, sciage, cubage, sabots. — Balais, brosses, soufflets, cannes, emballage. — Carrosserie, charronnerie, peinture voitures. — Ebénisterie, dorure, laque, marqueterie. — Industrie du liège. — Moulures. Encadrement. — Tapissier décorateur. — Tournage du bois, sculpture sur bois. — Tonnellerie, boisselleric. — Vannerie.

**Manuels des industries chimiques, céramiques, etc.** — Porcelaine. Briques, tuiles, produits réfractaires. Faïences (*3 vol.*). — Couleurs et vernis. — Encres, cirages, colles. — Droguerie, herboristerie. — Fabrication des produits chimiques. — Industrie du gaz, appareillage. — Parfumerie. — Teinturerie, apprêtage. — Verrerie, cristallerie, miroiterie, gravure sur verre. — Poudres et explosifs.

**Manuels des cuirs et peaux, du caoutchouc.** — Bourrellerie, sellerie. — Caoutchouc, gutta-percha, gomme factice. — Chamoiserie, maroquinerie, grainerie. — Ganterie. — Cordonnerie. — Tannage, mégisserie-corroyage.

**Manuels de mécanique.** — Ajustage (*3 vol.*). — Armurerie. — Automobiles (*2 vol.*) : *a*. Construction, différents types ; *b*. Conduite, entretien. — Machines (*2 vol.*) : *a*. Description ; *b*. Conduite, entretien et montage. — Machines marines. Constructions navales. — Chaudronnerie. — Chemins de fer (*2 vol.*). — Cycles, motocyclettes. — Constructions aéronautiques. — Horlogerie. — Instruments de chirurgie, orthopédie. — Mécanicien frigoriste. — Mécanique et tournage de précision.

**Manuels d'électricité.** — Electrolyse, galvanoplastie, fours électriques. — Installations électriques particulières. — Installations électriques industrielles. — Moteurs électriques. Traction électrique. — Dynamos, alternateurs. Stations centrales, transport d'énergie. — Construction de réseaux d'énergie. — Télégraphie, téléphonie, ordinaire et sans fil. — Appareils de mesures électriques.

**Manuels des mines et de la métallurgie.** — Aciéries. — Carrières, ardoisières, plâtrières. — Coutellerie, taillanderie. — Fabrique d'aiguilles, épingles, plumes. — Ferblanterie, lampisterie, poêlerie. — Forgeron. — Prospection. — Forges. — Hauts fourneaux et fonderies. — Maréchalerie, machines agricoles. — Mineur. — Modèlerie. — Quincaillerie, clouterie, tréfilerie.

**Manuels des professions commerciales.** — Assurances. — Administration commerciale moderne. — Banque. — Commission exportation. — Vente et représentation commerciale. — Publicité commerciale. — Transports (voie de terre, fer, eau, air).

# BIBLIOTHÈQUE PROFESSIONNELLE

## VOLUMES EN VENTE :

| | |
|---|---|
| Adam et Ventrillon. **Chaudronnerie** | 14 » |
| Allarousse. **Maréchal-ferrant** | 12 » |
| Alteirac. **Mécanicien. Machines : conduite** | 12 » |
| Angé. **Publicité** | 12 » |
| Baratte. **Boulangerie. Pâtisserie** | 15 » |
| Baret. **Rubanerie. Passementerie** | 14 » |
| Belloni. **Fumiste** | 14 » |
| Bouquin. **Meunerie** | 12 » |
| Bourde. **Chemins de fer. Construction** | 14 » |
| — **Chemins de fer. Exploitation** | |
| Bourgeois. **Commis papetier** | |
| Bresson. **Prospecteur** | 14 » |
| Broquelet. **Jouets** | 12 » |
| Brunet. **Tonnellerie** | |
| Cabaud. **Electricien. Choix du matériel** | 12 » |
| — **Electricien. Entretien et contrôle** | 12 » |
| Cabiac. **Maçonnerie** | 12 » |
| Chaplet. **Caoutchouc** | |
| Chirol. **Electricien. Mesures électriques** | 12 » |
| Coffignier. **Couleurs et Vernis** | 10 » |
| — **Peintures. Enduits. Mastics** | 10 » |
| Corvez. **Crémier-Laitier** | 12 » |
| Cuinat. **Ferblanterie. Zinguerie** | 12 » |
| Curchod. **Electricien. Stations centrales** | 10 » |
| Daubray. **Pavage. Carrelage. Mosaïque** | 14 » |
| Daval. **Electricien. Réseaux d'énergie** | 10 » |
| Demesse. **Produits chimiques** | |
| Demouy. **Aiguilles, épingles, plumes** | |
| Denis. **Mineur** | 14 » |
| Dhommée. **Mécanicien. Machines. Types** | 18 » |
| Dubœuf. **Mécanicien-Automobiliste** | 12 » |
| Evieux. **Artificier** | 12 » |
| Gaschet. **Sculpture sur bois** | 8 » |
| — **Tournage du bois** | 12 |

Ajouter 10 p. 100 pour frais d'envoi.

## VOLUMES EN VENTE (suite) :

| | |
|---|---|
| GODEAU. **Menuiserie. Parquetage. Treillage** | 12 » |
| GOULET. **Boucherie** | |
| GUERRE-LAVIGNE. **Coupe** | |
| GUILVERT. **Peintre-Décorateur** | 12 » |
| HAMM. **Bronze d'art. Ciselure. Gravure** | 12 » |
| HUC. **Tanneur. Mégissier. Corroyeur** | 14 » |
| KEGHEL (DE). **Encres, Cirages. Colles** | 12 » |
| LABRIFFE. **Draperie** | |
| — **Tissage** | 18 » |
| LAGARDELLE. **Forgeron** | 12 » |
| — **Forgeage mécanique** | 12 » |
| LAZENNEC. **Parfumerie** | 10 » |
| LECERF. **Manuel de l'Automobiliste** | 14 » |
| LECLERC. **Télégraphie et Téléphonie** | 12 » |
| — **Télégraphie sans fil** | 10 » |
| LE PETIT. **Peintre et vitrier** | 12 » |
| LEROUX et DUCHENNE. **Vannerie** | 12 » |
| LIEGEART. **Cordonnier** | 14 » |
| LIÉNARD-FIÉVET. **Teinturerie. Chimie tinctoriale** | 16 » |
| — **Teinture et apprêts** | |
| MARCHADIER et GOUJON. **Epicier** | 12 » |
| MARILLER. **Distillerie** | 12 » |
| MAURER. **Electricien. Installations particulières** | 10 » |
| MICHOTTE. **Industrie de liège** | 12 » |
| MOUTARDIER. **Serrurerie et fer forgé** | 15 » |
| MUGNIER. **Coupe des pierres** | 14 » |
| PETIT. **Constructions aéronautiques** | 10 » |
| QUERET. **Industrie du gaz** | 12 » |
| RABATÉ. **Arpenteur-Métreur** | 14 » |
| RAY. **Vins, Cidres, Poirés** | 12 » |
| ROSTAING. **Assurances** | 14 » |
| ROUBERTY. **Manuel de sucrerie** | 12 » |
| RUBIGNY. **Filateur** | 12 » |
| SCHMITT. **Boutons et Peignes** | 12 » |
| SPALE. **Coiffeur** | 14 » |
| STRULOVICI. **Moteurs et Traction électrique** | 18 » |
| VAUCLIN et LONG. **Mécanicien frigoriste** | 10 » |
| VINCENT. **Modeleur** | 14 » |
| VINOT. **Transports** | 15 » |
| WEISS. **Cycliste et Motocycliste** | 12 » |

# MANUEL DU MÉCANICIEN

## MACHINES

## PRINCIPES, DESCRIPTION, TYPES

**Par M. DHOMMÉE**

Inspecteur général de l'Enseignement technique.

**1 vol. in-18 de 548 pages avec 483 figures, cartonné..... 18 fr.**

Moteurs industriels. Moteurs animés. Moteurs à vent. Moteurs hydrauliques. Moteurs à vapeur : Principes. Production de la vapeur. — Machine à vapeur. — Moteurs à explosion et à combustion. — Transmission du travail et principaux appareils industriels d'emploi général. — Transmission du travail dans les machines. — Machines élévatoires. — Ventilateurs. — Compresseurs d'air. — Appareils de levage et de manutention mécanique.

# MANUEL DU MÉCANICIEN

## MACHINES

## MONTAGE, CONDUITE, ENTRETIEN.

**Par M. ALTEIRAC**

Ingénieur A. et M.,
Chef des travaux à l'École pratique d'industrie de Cette.

**1 vol. in-18 de 282 pages avec 150 figures, cartonné..... 12 fr.**

Montage. Généralités. Montage des machines. — Conduite. Généralités. Conduite des chaudières. — Alimentation des chaudières. Incidents de marche. Conduite des machines à vapeur. Conduite des moteurs à explosion. Contrôle du fonctionnement des machines.

Entretien des chaudières et des machines.

# *MANUELS EN PRÉPARATION*

## Manuel d'exploitation
DES
## CARRIÈRES, PLATRIÈRES, ARDOISIÈRES
Par J. CAHEN, Ingénieur

## MANUEL DE LA CONSTRUCTION EN CIMENT ET EN CIMENT ARMÉ
Par M. Marcel CHANSON

## MANUEL DU FAÏENCIER
Par M. Maurice DAGOT

## MANUEL DES MODES
Par Mlle M. JÉGOUDEZ

## MANUEL D'AJUSTAGE
Par M. R. LECERF, Ingénieur

## MANUEL DE RELIURE
Par M. LEMALE

## MANUEL de BRODERIES en DENTELLES
Par Mlle. V. PAULIN

## MANUEL DE BRASSERIE
Par MM. PICOUX et WERQUIN

ENVOI FRANCO DE LA BIBLIOGRAPHIE INDUSTRIELLE (120 PAGES)

# Bibliothèque des Connaissances Utiles

## à 10 fr. le volume

### Collection de 100 volumes in-16 illustrés, d'environ 400 pages

Abadie. *Manuel de l'infirmier*... 10 fr.
Arnou. *Manuel de l'épicier*..... 10 fr.
— *Manuel du confiseur*..... 10 fr.
Arnould. *La Basse-Cour*..... 10 fr.
— *Le Rucher*..... 10 fr.
— *Constructions rurales*..... 10 fr.
Astruc. *Les Marchandises*..... 10 fr.
Auscher. *Art de découvrir les sources*..... 10 fr.
Barré. *Manuel de génie sanit.*, 2 vol. chaque..... 10 fr.
Beauvisage. *Les matières grasses*. 10 fr.
Bel. *Les maladies de la vigne*.... 10 fr.
Bellair. *Les arbres fruitiers*..... 10 fr.
Berger. *Plantre potagères*..... 10 fr.
Blanchon. *Canards, oies, cygnes*. 10 fr.
— *L'art de détr. les anim. nuisib.* 10 fr.
— *L'industrie des fleurs artific.* 10 fr.
Bois. *Le petit jardin*..... 10 fr.
— *Les plantes d'appartements*... 10 fr.
Bonnet. *L'olivier et l'huile d'olive.* 10 fr.
Bourrier. *Les industries des abattoirs*..... 10 fr.
Brévans. *La fabrication des liqueurs*..... 10 fr.
— *Les légumes et les fruits*..... 10 fr.
— *Le pain et la viande*..... 10 fr.
Brunel. *Agenda du photographe*. 10 fr.
Brunet. *Aide-Mém. de l'Agriculteur*..... 10 fr.
Capus. *Guide du naturaliste*.... 10 fr.
Champetier. *Les maladies du cheval*..... 10 fr.
Clerc. *Aide-Mém. de Photographie*..... 10 fr.
Coupin (H.). *L'aquarium d'eau douce*..... 10 fr.
— *L'amateur de coléoptères*..... 10 fr.
— *L'amateur des papillons*..... 10 fr.
Couvreur. *Les exercices du corps.* 10 fr.
Cuyer. *Le dessin et la peinture*... 10 fr.
Dallet. *Les merveilles du ciel*.... 10 fr.
Dalton. *Physiologie et hygiène*... 10 fr.
Denaiffe. *La culture fourragère*.. 10 fr.
Donné. *Conseils aux mères*..... 10 fr.
Dujardin. *L'essai commercial des vins*..... 10 fr.
Dumont. *L'alimentation du bétail*..... 10 fr.
Dupont. *L'âge du cheval*..... 10 fr.
Durand. *Manuel de viticulture*... 10 fr.
Dussuc. *Les ennemis de la vigne.* 10 fr.
Espanet. *Homœopat. simplifiée*.. 10 fr.
Ferrand. *Premiers secours*..... 10 fr.
Fitz-James. *La pratique de la viticulture*..... 10 fr.
Fons. *Droit rural*..... 10 fr.
Fontan. *La santé des animaux*... 10 fr.
Gallier. *Guide de l'acheteur de chevaux*..... 10 fr.
— *Le cheval anglo-normand*.... 10 fr.
George. *Médecine domestique*.... 10 fr.
Gobin. *Pisciculture eaux douces*.. 10 fr.
— *Pisciculture en eaux salées*... 10 fr.
Gourret. *Les pêcheries de la Méditerranée*..... 10 fr.
Graffigny. *Les ballons dirigeables*. 10 fr.
— *Les industries d'amateurs*.... 10 fr.
Granger. *Les fleurs du Midi*..... 10 fr.
Guénaux. *L'élevage du cheval*.... 10 fr.
Gunther. *Médec. vétér. homœop.*. 10 fr.
Hall. *Le sol en agriculture*..... 10 fr.
Hérand. *Les secrets de la science.* 10 fr.
— *Les secrets de l'alimentation.* 10 fr.
— *Les secrets de l'écon. domest..* 10 fr.
— *Jeux et récréations scientifiques*. 2 vol..... 10 fr.
Hœnig. *Exercices physiques*..... 10 fr.
Jouenne et Perreau. *Pêche en mer*..... 10 fr.
Lacroix-Danliard. *La plume d'oiseaux*..... 10 fr.
— *Le poil des anim. et fourrures.* 10 fr.
Larbalétrier. *L'alcool*..... 10 fr.
Larue. *Matériel agricole*..... 10 fr.
Lefèvre. *Le chauffage*..... 10 fr.
Le Hello. *Examen du cheval*..... 10 fr.
Locard. *Manuel d'ostréiculture*.. 10 fr.
— *La pêche et les poissons d'eau douce*..... 10 fr.
Londe. *Aide-mém. de photograph.* 10 fr.
Marec. *Electricité à la maison*... 10 fr.
Mégnin. *Nos chiens*..... 10 fr.
Montillot. *L'amateur d'insectes*... 10 fr.
— *Les insectes nuisibles*..... 10 fr.
Montserrat et Brisac. *Le gaz*.... 10 fr.
Moreau. *Les oiseaux de volière*... 10 fr.
Pée-Laby. *Vigne nouvelle*..... 10 fr.
Pertus. *Le chien*..... 10 fr.
Petit. *Engrais en horticulture*... 10 fr.
Piesse. *Histoire des parfums*.... 10 fr.
Poncins (de). *Motoculture pratique* 10 fr.
Relier. *Guide de l'élev. du cheval.* 10 fr.
Rolet. *L'industrie laitière*..... 10 fr.
Rouvier. *Hygiène de la première enfance*..... 10 fr.
Rudolph. *Manuel du jardinier*... 10 fr.
Saint-Loup. *Les oiseaux de parc.* 10 fr.
Saint-Vincent. *Méd. des familles.* 10 fr.
Sauvaigo. *Cultures du Midi*..... 10 fr.
Thierry. *Les vaches laitières*.... 10 fr.
Vilmorin. *Manuel de horticulture.* 10 fr.

# Encyclopédie Industrielle

**Collection de volumes in-18 de 400 à 500 pages illustrés**

**Barni, Montpellier et Marec.** *Le Monteur électricien* ..... 15 fr.
**Biège.** *Industrie du gaz.* 15 fr.
**Bouant.** *Le Tabac*..... 15 fr.
**Boutroux.** *Le Pain et la Panification* ..... 15 fr.
**Brochet.** *La Galvanoplastie* ..... 15 fr.
**Cherchefsky.** *Analyse des corps gras*, 2 vol..... 30 fr.
**Convert.** *L'Industrie agricole* ..... 15 fr.
**Corenwinder.** *L'Eau potable*.... 15 fr.
**Desalme et Pierron.** *Couleurs et Vernis*..... 15 fr.
**Dupont.** *L'Industrie des Matières colorantes*.... 15 fr.
**Fabrègue.** *Chauffage central* ..... 15 fr.
**Gautier.** *Sophistication et analyse des vins*..... 15 fr.
**Girard.** *Cours de Marchandises* .. ..... 15 fr.
**Gondy.** *Horlogerie*..... 15 fr.
**Guichard.** *L'eau dans l'Industrie* ..... 15 fr.
**Guichard.** *Chimie du distillateur* ..... 15 fr.
**Guichard** *Microbiologie du distillateur* ..... 15 fr.
**Guillet.** *L'Electrochimie et l'Electrométallurgie* ... 15 fr.
**Guinochet.** *Les Eaux d'alimentation*..... 15 fr.
**Haller.** *L'Industrie chimique*..... 15 fr.
**Halphen.** *La Soude*..... 15 fr.
**Halphen.** *Essais commerciaux*, 2 vol..... 30 fr.
**Jumelle.** *Huiles végétales*..... 15 fr.
**Keghel (de).** *Conservation et Amélioration des bois*..... 15 fr.
**Knab.** *Les Minéraux utiles.* 16 fr.
**Lallié.** *Le Froid industriel.* 15 fr.
**Launay (A. de).** *L'Argent*... ..... 15 fr.
**Leduc.** *Chaux et ciments*.. 15 fr.
**Lefèvre.** *L'Acétylène*..... 15 fr.
**Lejeal.** *L'Aluminium*.... 15 fr.
**Leroux et Revel.** *La traction mécanique*..... 15 fr.
**Letombe et Lacoin.** *Les Moteurs* ..... 15 fr.
**Marec.** *Formulaire de l'électricien* ..... 15 fr.
**Montpellier.** *Les Accumulateurs* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Précis de Métallurgie* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Manipulations et mesures électriques industrielles* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Physique industrielle* ..... 15 fr.
**Pécheux.** *Métaux et alliages* 15 fr.
**Piesse.** *Chimie des Parfums* ..... 15 fr
**Poutiers.** *La Menuiserie*.. 15 fr.
**Puget.** *Cuirs et peaux*.... 15 fr.
**Puget.** *Savons et bougies.* 15 fr.
**Puget.** *Fabrication du papier* ..... 15 fr.
**Riche et Forest.** *L'Art de l'essayeur* ..... 15 fr.
**Schœller.** *Les Chemins de fer*..... 15 fr.
**Sidersky.** *Usages industriels de l'alcool*..... 15 fr.
**Sidersky.** *Chimiste de Sucrerie* ..... 15 fr.
**Trillat.** *L'Industrie chimique en Allemagne*..... 15 fr.
**Trillat.** *Les Produits chimiques*..... 15 fr.
**Vignon.** *La Soie*..... 15 fr.
**Weil.** *L'Or*..... 15 fr.
**Witz.** *La Machine à vapeur*..... 15 fr.
**Witz.** *Gazogènes*..... 15 fr.

AJOUTER 10 P. 100 POUR FRAIS D'ENVOI.

# Encyclopédie Technologique et Commerciale

PAR

**E. D'HUBERT**
Professeur
à l'Ecole supérieure
de Commerce de Paris.

**H. PÉCHEUX**
Sous-directeur
de l'Ecole d'Arts et Métiers
de Lille.

**A.-L. GIRARD**
Directeur
de l'Ecole de Commerce
de Narbonne.

Collection nouvelle en 24 vol. in-16 de 100 pages avec figures. 3 fr.

## I. — LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION.

1. — Le bois et le liège..... 3 fr.
2. — Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre..... 3 fr.
3. — Les chaux et ciments, les produits céramiques..... 3 fr.
4. — Les verres et cristaux, le diamant et les gemmes .... 3 fr.

## II. — LA MÉTALLURGIE.

5. — Les minerais, les métaux, les alliages..... 3 fr.
6. — Les fers, fontes et aciers..... 3 fr.
7. — Les métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium)..... 3 fr.
8. — Les métaux précieux (mercure, argent, or, platine) ... 3 fr.

## III. — LA GRANDE INDUSTRIE CHIMIQUE.

9. — Les matières premières (eau glacée, air liquide, combustibles) ..... 3 fr.
10. — Les matières éclairantes (pétrole, gaz d'éclairage, acétylène)..... 3 fr.
11. — Le chlorure de sodium, le sel, les potasses, les soudes. 3 fr.
12. — Les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique..... 3 fr.

## IV. — LES PRODUITS CHIMIQUES.

13. — L'oxygène, l'ozone, l'ammoniaque, les vitriols, les aluns 3 fr.
14. — Le salpêtre, les explosifs, les phosphates et les engrais, le phosphore et les allumettes..... 3 fr.
15. — Les couleurs, les matières colorantes, la teinturerie... 3 fr.
16. — Les parfums, les médicaments, les produits photographiques ..... 3 fr.

## V. — LES PRODUITS INDUSTRIELS ANIMAUX ET VÉGÉTAUX

17. — Les corps gras, savons et bougies..... 3 fr.
18. — Le cuir, les os, l'ivoire, l'écaille, les perles..... 3 fr.
19. — Les textiles, les tissus, le papier..... 3 fr.
20. — Le caoutchouc, la gutta, le celluloïd, les résines et les vernis ..... 3 fr.

## VI. — LES PRODUITS ALIMENTAIRES.

21. — Les aliments animaux (viande, œufs, lait, fromage.). 3 fr.
22. — Les aliments végétaux (herbages, fruits, fécules, pain). 3 fr.
23. — Les boissons (vin, bière, vinaigre, alcools, liqueurs).. 3 fr.
24. — Les sucres, le cacao, le café, le thé..... 3 fr.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS (VI^e^)

# Grandes Encyclopédies Industrielles

PUBLIÉES SOUS LE PATRONAGE

VOLUMES PARUS :

## Encyclopédie Minière et Métallurgique :

**Traité de métallurgie générale**, par M. L. GUILLET. 528 p., 135 fig. 40 fr.

**Fabrication de l'acier au four Martin**, par M. BARBEROT. 543 pages avec 160 figures ..... 40 fr.

**Fonction commerciale des Usines métallurgiques**, par M. CARLIOZ. 450 pages avec figures .... 45 fr.

**Electro-sidérurgie**, par M. CLAUSEL DE COUSSERGUES. 416 pages avec 150 figures ..... 40 fr.

**Forgeage et laminage**, par M. Léon GEUSE, 362 p. avec 229 fig. 30 fr.

## Encyclopédie de mécanique appliquée :

**Balistique intérieure**, par le général GOSSOT, et M. LIOUVILLE. 447 pages et tableaux ..... 50 fr.

**Sous-marins, torpilles et mines**, par M. LAUBEUF. 810 pages avec 343 figures ..... 60 fr.

**Turbines à vapeur**, par M. POINCET. 340 pages avec 181 figures. 35 fr.

**Dynamique des solides, gyroscopes**, par M. RÉVEILLE. 506 pages avec 135 figures..... 40 fr.

**Production et condensation de la vapeur**, par M. SAUVAGE. 360 pages avec 303 figures ..... 35 fr.

## Encyclopédie du Génie Civil et des Travaux Publics :

**Hydraulique générale et appliquée**, par D. EYDOUX. 510 pages avec 214 figures..... 40 fr.

**Hydraulique industrielle et usines hydrauliques**, par D. EYDOUX, 538 pages avec 312 figures. 40 fr.

**Résistance des matériaux**, par M. Bertrand DE FONTVIOLANT. 580 pages avec 168 figures ..... 45 fr.

**Ponts en maçonnerie**, par C. GAY. 704 pages avec 522 figures. 60fr.

**Ponts et combles métalliques**, par M. GODARD. 664 pages avec 510 figures ..... 60 fr.

**Navigation intérieure Canaux**, par MM. JACQUINOT et GALLIOT. 600 pages avec 244 figures..... 45 fr.

**Travaux maritimes. La mer et les côtes**, par MM. DE JOLY et LAROCHE. 480 pages, avec 196 figures ..... 45 fr.

**Traité de géologie et de minéralogie, appliquées à l'art de l'ingénieur**, par L. DE LAUNAY. 418 pages avec 288 figures ..... 40 fr.

**Les Chaussées modernes**, par P.-C. LE GAVRIAN. 431 pages avec 87 figures ..... 40 fr.

**Matériaux de construction. Les pierres**, par M. MESNAGER. 514 pages avec 110 figures ..... 45 fr.

**Chemins de fer d'intérêt local, tramways, services publics, automobiles, législation et reglementation**, par Louis VASSEUR. 729 pages avec figures ..... 50 fr.

## Encyclopédie d'Électricité industrielle :

**Les transformateurs**, par M. BUNET. 632 pages avec 456 figures... 55 fr.

**Essais de machines électriques**, par M. GUILBERT. 560 pages, avec 264 figures ..... 45 fr.

**Appareils et installations télégraphiques**, par E. MONTORIOL. 625 pages avec 449 figures ..... 40 fr.

**Etude mécanique et usage des machines électriques**, par M. DE PISTOYE. 839 pages avec 802 fig. 70 fr.

**Appareils téléphoniques**, par M. REYNAUD-BONIN. 450 pages avec figures ..... 50 fr.

## Encyclopédie de Chimie industrielle :

**Chimie colloïdale**, par M. MEUNIER. 336 pages ..... 30 fr.

**Couleurs et Peintures**, par CH. COFFIGNIER. 762 p. avec 114 fig. 60 fr.

**Les Vernis**, par CH. COFFIGNIER. 640 pages avec 29 figures... 40 fr.

**Blanchîment, teinture, impression, et apprêts**, par M. P. LEDERLIN. 543 pages avec 145 figures.. 45 fr.

**Les Métaux précieux**, par J. VOISIN. 264 pages avec 88 figures... 25 fr.

**Résines et Térébenthines**, par MM. VÈSES et DUPONT. 656 pages avec 120 figures..... 60 fr.

AJOUTER 10 P. 100 POUR FRAIS D'ENVOI.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS (VI^e)

# LA SCIENCE MODERNE

**Revue Mensuelle illustrée** (80 pages, 19 × 27)

Paraissant en France, en Belgique, en Suisse et au Canada.

Directeur-fondateur, **L.-J. DALBIS**; Secrétaire de la rédaction, **R. CEILLIER**

## COLLABORATEURS

**Achard**, prof. à la Faculté de Médecine de Paris.
**Anthony (R.)**, prof. au Muséum.
**Berget**, prof. à l'Institut océanographique.
**Bigourdan**, de l'Institut.
**Blondel**, de l'Académie des Sciences.
**Bouvier**, de l'Académie des Sciences.
**Branly**, de l'Académie des Sciences.
**Breuil**, prof. à l'Institut de Paléontologie.
**Defos du Rau**, agr. de l'Université.
**Eydoux**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Frigon**, direct. de l'Ecole Polytechnique de Montréal.
**Gendreau**, direct. de l'Institut du Radium du Canada.
**Godard**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Gossot (Gé éral)**, direct. des Etudes l'Ecole Polytechnique.
**Guillet**, dir. de l'Ecole Centrale.
**Gutton**, prof. à la Faculté des Sciences de Nancy.
**Laubeuf**, de l'Acad. des Sciences.
**Launay (de)**, de l'Académie des Sciences.
**Lecomte**, de l'Académie des Sciences.
**Lecornu**, prof. à l'Ecole Polytechnique.
**Le Gavrian**, prof. à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
**Lereboullet**, prof. agr. à la Faculté de Médecine de Paris.
**Lumière (Aug.)**, corr. de l'Académie de Médecine.
**Matignon**, prof. au College de France.
**Mesnager**, de l'Académie des Sciences.
**Mestre**, prof. à la Faculté de Droit.
**Montpetit**, secrétaire de l'Université de Montréal
**Nicolardot**, dir. du Bureau international de Chimie.
**Olmer**, prof. à l'Institut Catholique.
**Prou**, dir. de l'Ecole des Chartes
**Regaud**, dir. de l'Institut du Radium.
**Roule**, prof. au Muséum.
**Rousselot**, prof. au Collège de France.
**Termier**, de l'Acad. des Sciences
**Vallée**, prof. à la Faculté de Méd de Québec.
**Wery**, dir. de l'Institut Agronomique.

— PRIX DE L'ABONNEMENT —

**France** : Un an, **35** fr. ; 3 mois, **9** fr. — **Étranger** : Un an, **50** fr. ; 3 mois, **13** fr.

*Les abonnements peuvent partir du 1^er de chaque mois.*
*Adresser le montant des abonnements à la Librairie*

**J.-B BAILLIÈRE et FILS**, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS (VI^e)

Corbeil. — Imp. CRÉTÉ.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS PARTICULIÈRES

### Éclairage, Chauffage, Sonneries, Tableaux indicateurs.

**Par P. MAURER**
Professeur à l'École de Mécanique Industrielle.

1 vol. in-18 de 274 pages avec 147 figures, cartonné..... 10 fr.

**Distribution de l'énergie électrique.** — Systèmes de distribution — Canalisations souterraines, aériennes. — Branchements.

**Généralités.** — Dérivations. — Compteurs. — Circuits d'éclairage. — Schémas d'installation de lampes à incandescence. — Isolement d'une installation. — Nature des lampes. — Lampes à arc. — Lampes spéciales. — Nature et répartition des foyers lumineux. — Conducteurs. — Exemples d'installation.

**Exécution des installations.** — Montages en fils apparents. — Sur poulies. — Sur serre-fils. — Sur cloches. — Epissures. — Isolateurs d'arrêt. — Montages fils souples. — Sous moulures, etc. — Pose. — Montages avec conducteurs sous plomb. — Traversée des murs et des planchers. — Passage des plafonds. — Fixation des appareils sur les murs — Installations des interrupteurs et commutateurs, etc. — Montages des lampes. — Lustres. — Lampes appliquées au mur. — Eclairage des ateliers, des vitrines. — Illuminations. — Enseignes lumineuses.

**Chauffage électrique. — Sonnerie et tableaux indicateurs.**

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

**Par M. CHIROL**
Ingénieur-Électricien (E. S. E.).

1 vol. in-18 de 332 pages avec 206 figures, cartonné..... 12 fr.

**Notions générales d'électricité.** — La matière et l'énergie. — Principes de mécanique. — Le courant électrique. — Puissance électrique. — Notions d'électricité statique. — Condensateurs. — Les aimants. — Relation entre les courants et les aimants. — Générateurs d'électricité. — Les courants alternatifs.

**Méthodes et appareils de mesures électriques.** — Galvanomètre. — Ampèremètres à courant continu. — Voltmètres à courant continu. — Appareils thermiques. — Appareils électromagnétiques. — Appareils enregistreurs. — Transformateurs de mesure. — Les compteurs. — Compteurs d'énergie. — Compteurs spéciaux. — Mesure des résistances. — Mesures des différences de potentiel et des intensités. — Mesures des puissances. — Mesures diverses. — Principaux matériaux employés dans les appareils de mesures. — La fabrication moderne. — L'usinage des métaux. — Montage et étalonnage.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## STATIONS CENTRALES

### Dynamos, Alternateurs, Transport d'énergie.

**Par A. CURCHOD**

Professeur à l'École de Mécanique et d'Électricité Industrielle.

1 vol. in-18 de 328 pages avec 114 figures, cartonné..... 10 fr.

Electricité et magnétisme. — Corps conducteurs et corps isolants. — Grandeurs électriques et unités. — Magnétisme et électromagnétisme. — Description d'une station centrale. — Des dynamos et alternateurs. — Construction des dynamos. — Du fonctionnement des dynamos. — Construction des alternateurs. — Fonctionnement des alternateurs. — Accumulateurs. — Des transformateurs. — Tableau de distributions. — Appareillage. — Installations à basse tension (courant continu) ; — à haute tension (courant alternatif). — Canalisations électriques. — Postes de transformation et sous-stations. Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## CONSTRUCTION DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE

**Par M. DAVAL**

Ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18 de 275 pages avec 102 figures, cartonné..... 10 fr.

**Différents genres de distribution. — Distribution directe.**

**Distribution indirecte.** — Courant alternatif monophasé et diphasé. — Alternatif triphasé. — Alternatif haute tension. — Postes de transformations. — Sous-stations. — Distribution série. — Règlements relatifs à la construction des réseaux d'énergie.

**Lignes aériennes.** — Conducteurs. — Isolateurs (types courants). — Ferrures d'isolateurs. — Supports. — Poteaux métalliques. — Consoles et potelets. — Pylônes pour lignes à haute tension ; — en béton armé. — Lignes caténaires. — Appareils de coupure des lignes à haute tension. — Essais des isolateurs.

**Canalisations souterraines. — Postes de transformation et de sectionnement. — Montage et entretien des lignes aériennes. — Montage et entretien des canalisations souterraines. — Montage et entretien des postes.**

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

### I

### CHOIX DU MATÉRIEL, APPAREILLAGE

**Par René CABAUD**
Ingénieur E. C. L. et E. S. E.

1 vol. in-18 de 316 pages avec 129 figures, cartonné..... 12 fr.

**Etude générale des principaux facteurs à considérer dans le problème du choix d'une machine électrique.** — Classification des machines électriques. — Fréquence et nombre de phases des machines à courant alternatif. — Vitesses. — Rendement, consommation à vide.

**Détermination des caractéristiques relatives aux machines électriques et des garanties à imposer aux constructeurs.** — Dynamo à courant continu. — Moteur à courant continu. — Alternateur synchrone. — Moteur synchrone ; — asynchrone ; — à collecteur — Transformateur statique. — Commutatrice. — Groupes convertisseurs.

**Etude des caractéristiques utiles pour le choix de l'appareillage électrique.** — Appareils de connexion, de déconnexion et d'interruption ; — de réglage ; — de protection ; — de mesure ; — Accumulateurs. — Appareillage d'éclairage. — Matériel de lignes.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

### II

### INSTALLATIONS, ENTRETIEN ET CONTROLE

**Par René CABAUD**
Ingénieur E. S. E.

1 vol. in-18 de 333 pages avec 70 figures, cartonné..... 12 fr.

**Installations.** — Principes généraux à observer dans l'organisation d'une installation. — Quelques exemples d'installations électriques d'usines. — Canalisations. — Installations de tableaux de cabines, etc.

**Entretien.** — Nécessité et organisation d'un service d'entretien des installations électriques. — Les consignes générales du service d'entretien. — Enroulements et bobinage.

**Contrôle.** — Nécessité et organisation d'un service de contrôle des installations électriques. — Les essais de contrôle. — Etude de questions relatives à la tarification.

# MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN

## Moteurs Électriques

## Traction Électrique

**Par M. STRULOVICI**

Ingénieur électricien.

1 vol. in-18 de 580 pages avec 334 figures, cartonné..... 18 fr.

Introduction. — Energie. — Magnétisme. — Electro-magnétisme. — Moteurs à courant continu. — Fonctionnement des moteurs à courant continu. — Les courants alternatifs. — Moteurs. — Accessoires d'installations des moteurs électriques. — Montage et installations des moteurs.

Dérangements des moteurs. — Causes.

**TRACTION ELECTRIQUE. — Généralités. Avantages de la traction électrique.** — Comparaison de l'emploi des locomotives avec celui des automotrices. — Construction des moteurs de traction. — Moteurs à courants alternatifs. — Régulation des moteurs. — Moteurs à courant continu. — Moteurs à courants alternatifs. — Alimentation des moteurs.

# MANUEL DE L'ARTIFICIER

## ARTIFICES — POUDRES — EXPLOSIFS

**Par A. E. EVIEUX**

Ingénieur-chimiste (E. C. I.), chef de fabrication.

1 vol. in-18 de 396 pages avec 107 figures, cartonné..... 12 fr.

**Phénomènes de l'explosion.** — Classification des explosifs. — Qualités des explosifs.

**Fabrication des explosifs.** — Matières premières — Fabrication proprement dite.

**Pyrotechnie.** — Feu d'artifice. — Cartonnages. — Division. — Artifices de mise de feu. — Mèches à feu, etc. — Garnitures. — Etoiles. — Pluie, etc. — Feux fixes. — Lances, gerbes, etc. — Feux mobiles. — Fusées. — Artifices d'intérieur. — Combinaisons. — Tir d'un feu d'artifice. — Arrangement. — Précautions pour le tir. — Dosages des compositions. — Formules de composition. — Feux pour le théâtre. — Flammes à alcool. — Lumières au magnésium, fusées paragrêles.

**Explosifs dérivés du nitrate d'ammoniaque. — Explosifs chlorates. — Explosifs pour mines. — Nitroglycérines et dynamites.**

Dynamites. — Emplois.

**Pyroxyle ou coton poudre. — Emploi des nitrocelluloses. — Poudres sans fumée. — Récupération des solvants. — Explosifs pour chargement des projectiles. — Explosifs divers.**

**Pratique des explosifs.** — Amorces et procédés de mise de feu. — Munitions pour armes à feu. — Emploi des explosifs. — Emploi des amorces électriques. — Application des explosifs. — Installation des bâtiments. — Questions administratives. — Analyse des explosifs et des matières premières.

# MANUEL DU MINEUR

**Par J. DENIS**

Ingénieur civil des Mines.

1 vol. in-18 de 384 pages avec 195 figures, cartonné..... 14 fr.

*Notions géologiques sur le terrain houiller.* — *Abatage.* — Abatage à la main ; — aux explosifs ; — mécanique. — Disposition des chantiers d'abatage. — *Boisage et soutènement.* — *Remblayage.* — *Transports.* — Transports souterrains. — Transports au chantier. — Roulage dans les plans inclinés. — Roulage dans les galeries principales. — *Aérage, grisou et poussières.* — Généralités sur l'aérage. — Grisou. — Organisation de l'aérage. — Poussières de houille. — Eclairage des travaux souterrains. — *Epuisement.* — *Fonçage des puits.* — Exécution du fonçage. — Soutènement provisoire. — Soutènement définitif. — Fonçage en terrains très aquifères. — *Accidents et sauvetages.* — Eboulements. — Explosions. — Feux. — Inondations. — Coups d'eau. — Premiers soins à donner aux blessés. — *Lectures des plans de mines.* — *Réglage et emploi de l'indicateur de grisou Chesneau.*

# MANUEL DU PROSPECTEUR

**Par P. BRESSON**

Ingénieur civil des Mines.

1 vol. in-18 de 452 pages avec 137 figures, cartonné..... 14 fr.

**Notions de géologie.** — *Formation des gisements métallifères.* — *Classification des gisements métallifères.*

*Prospection.* — *Etudes sur le terrain.* — Géologue et prospecteur. — Recherche dans les alluvions. — Recherche des gisements en place. — Echantillonnage. — Lecture des cartes géologiques. — Accoutrement du prospecteur. — Prospection en pays isolés. — *Etude des roches.* — *Etude des minéraux.* — *Etude des minerais.* — Travaux d'exploration. — Sondage. — Evaluation d'un gisement. — Tableau de reconnaissance des minerais. — Méthodes d'exploitation. — Soutènement. — Aérage. — Eclairage. — Circulation du personnel. — Exhaure. — Chantiers. — Galeries. — Plans inclinés. — Puits. — Triage à la main. — Enrichissement mécanique. — Traitement mécanique. — Organisation générale. — Conclusion.

# MANUEL
# DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Par M. LECLERC
Ingénieur-constructeur.

1 vol. in-18 de 260 pages avec 214 figures, cartonné..... 10 fr.

Rappel de notions d'électricité. — Les oscillations électriques. — Télégraphie sans fil par ondes amorties. — Les lampes à trois électrodes. — Télégraphie sans fil par ondes entretenues. — Téléphonie sans fil. — Les matériaux employés dans la construction des postes. — Construction des éléments des postes récepteurs. — Lampe à trois électrodes et accessoires. — L'antenne. — Montages de réception. — Les postes émetteurs. — Les ondes courtes. — Les mesures en T. S. F. — Emploi des courants industriels avec les lampes à trois électrodes. — Super-réaction. — Renseignements divers sur l'exploitation des grands postes. — Code Morse et signaux horaires.

# MANUEL DE TÉLÉGRAPHIE ET DE TÉLÉPHONIE

Par M. LECLERC
Ingénieur-constructeur.

1 vol. in-18 de 317 pages avec 248 figures, cartonné..... 12 fr.

**Notions d'électricité.** — Le courant. — Applications de la loi d'Ohm. — Condensateurs et capacité. — Magnétisme. — Induction. — Propriétés des courants véritables alternatifs ou vibrés. — Séparation des courants. — Les sources de courant. — Piles. — Accumulateurs. — Dynamos et alternateurs. — Notions d'acoustique. — Eléments de construction. — Les matériaux employés en électrotechnique. — Les conducteurs. — Les isolants. — Fils en câbles. — Bobines.

**Télégraphie.** — Principes. — Télégraphe Morse. — Appareillage. — Accessoires. — Installation des postes. — Translation. — Augmentation du rendement des lignes. — Appareils imprimeurs.

**Téléphone.** — Principe. — Construction des postes. — Différents modèles de postes de réseaux et leur montage. — Tableaux commutateurs. — Standards et multiples. — Réseau à batterie centrale intégrale. — Téléphonie militaire. — Augmentation du rendement des lignes. — Postes pour installations privées. — Lignes télégraphiques et téléphoniques.

# MANUEL des CHEMINS de FER

## I

## ÉTUDE ET CONSTRUCTION

**Par M. BOURDE**

Ingénieur des Travaux publics de l'État.

1 vol. in-18 de 444 pages avec 286 figures et planches.
Cartonné ..... **14 fr.**

**Levé de plan.** — **Nivellement.** — Notions générales. — Jalonnage. — Chainage. — Goniomètre. — Méthodes de levé. — Niveau. — Les mires. — Méthodes de nivellement. — Représentation du terrain.

**Dispositions générales.** — Des fonctions générales des diverses parties. — Voie. — Ballast. — Banquettes. — Fossés. — Talus. — Profil général d'un chemin de fer. — *Conditions générales des tracés.* — *Etudes définitives.* — *Rédaction des projets.*

**Construction des chemins de fer.** — Infrastructure. — Terrassements. — Organisation des chantiers. — *Ouvrages d'art.* — *Fondations.* — Classification de terrains. — Précautions à prendre dans les terrains affouillables. — *Maçonnerie.* — Matériaux. — Composition des mortiers et bétons. — *Bois et métaux.* — *Superstructure* — Eléments de la voie. — Disposition des éléments de la voie. — Pose de la voie en courbes ; — de la voie des tramways sur les accotements des routes. — *Voies diverses.* — *Bâtiments.* — *Dépenses de constructions.*

# MANUEL des CHEMINS de FER

## II

## TRACTION, MATÉRIEL, EXPLOITATION, LÉGISLATION

**Par M. BOURDE**

1 vol. in-18 de 460 pages avec 75 figures, cartonné.....

**Notions sur les machines à vapeur.** — Propriétés de la vapeur d'eau. — Emploi de la vapeur comme moteur. — La locomotive. — Traction et matériel de transport. — Traction. — Calcul de la locomotive. — Types des locomotives. — Installations nécessaires pour le service de la traction. — Les freins. — Eclairage et chauffage. — *Exploitation technique.* — Organisation des gares. — Exploitation des gares et stations. — Appareils destinés à garantir la sécurité. — Télégraphes et téléphones. — Mouvement. — Etude de la marche des trains. — Entretien des voies. — *Exploitation commerciale.* — Transport des voyageurs. — Transport des marchandises. — Utilisation du matériel de petite vitesse. — Transports militaires. — Législation.

# Manuel
# du Mécanicien Automobiliste

## CONSTRUCTION — RÉPARATION

**Par M. DUBŒUF**

Ingénieur A. et M.

1 vol. in-18 de 317 pages avec 310 figures, cartonné..... 12 fr.

**Construction du châssis.**

**Rôle. fonctionnement et description des différents organes du châssis.** — Moteur. — Cylindres. — Piston, bielles, vilebrequin. — Carburateur, magnéto, bougies, etc. — Graissage. — Refroidissement. — Radiateur. — Lancement électrique, embrayage. — Boîte de vitesse, cardan. — Pont arrière. — Différentiel. — Essieu arrière. — Suspension arrière. — Roues amovibles. — Essieu. — Direction. — Pneumatiques. — Eclairage.

**Construction. Montage. Réglage.** — Moteur. — Carter. — Palier — Cylindres. — Usinage. — Différents montages. — Segments. — Bielle. — Montage des vilebrequins. — Usinage des soupapes, rodage, collecteur d'admission. — Volant. — Usinage des différentes pièces. — Réglage du moteur. — Vérification du volume de la chambre de compression. — Réglage de la distribution. — Rodage du moteur. — Etablissement du pignon de la magnéto de l'arbre à cames. — Moteur à 4, 6 et 8 cylindres. — Pignon de commande de l'arbre à cames. — Embrayage. — Boîte de vitesse. — Carter. — Montage de la boîte. — Montage des essieux. — Usinage des fusées. — Direction. — Vérification. — Ressorts. — Etablissement des dimensions du ressort, tige de lames. — Châssis. — Emboutis, etc.

# MANUEL de l'AUTOMOBILISTE

## TYPES — CONDUITE — ENTRETIEN

**Par M. LECERF**

Ingénieur A. et M.

1 vol. in-18 de 428 pages avec 207 figures, cartonné..... 14 fr.

**Achat d'une voiture automobile.** — Formalités administratives.

**Descriptions générales des véhicules automobiles.**

**Quelques types de véhicules automobiles à quatre roues.** — *a.* La voiture de ville ; la 10 HP Citroen ; la 10 HP Renault. — *b.* La voiture de tourisme ; la 16 HP S. S. Panhard ; la 30 HP 6 cylindres Rochet-Schneider. — *c.* Les camions ; Camion 1 tonne Rochet-Schneider ; Camion 3 tonnes Renault ; Camion 5 tonnes Berliet. — *d.* Les tracteurs ; Tracteur Renault (à chenilles) ; Tracteur Kegresse ; Hinstin (dits) ; Tracteur Latil (à 4 roues motrices et directrices) ; *Les carburants.*

**Conduite de la voiture. — Voyages en automobile. — Entretien de la voiture. — Les pannes. — Les réglages. — Pertes de puissance dans les moteurs. — Eclairage et démarrage électrique. — Pannes irréparables sur la route. — Réparations diverses.**

# Manuel du CYCLISTE et MOTOCYCLISTE

**Bicyclettes, Motocyclettes, Tricycles, Side-Cars et Cyclecars.**

**Par Eugène WEISS**
Ingénieur des Arts et Manufactures.

1 vol. in-18 de 362 pages avec 192 figures, cartonné..... 12 fr.

**Bicyclettes et motocyclettes.** — Les cadres. — Fabrication et réparations. — Les roulements. — Montage. — Transmissions. — Changements de vitesse. — Les roues. — Les pneumatiques. — La direction. — Stabilité. — Suspension. — Les freins. — L'éclairage. — Bicyclettes à moteurs. — Les moteurs de motocyclettes. — Le carburateur. — Embrayage. — Changement de vitesse. — Allumage. — Le graissage. — Montage d'une bicyclette. Entretien. — Montage de la motocyclette. — Tandems. — Triplettes, etc. — Bicyclettes et motos aquatiques. — Comment retaper une vieille motocyclette.

**Tricycles, side-cars et cyclecars.** — Tricycles. — Side-car. — Les cyclecars. — Types de cyclecars. — Véhicules étudiés avec des dispositions spéciales : La Bedelia. — Le cyclecar Blériot, à hélice, électrique, à glace. — Principes de conduite. — Visite et entretien des machines. — Construction d'un cyclecar bon marché. — Comment refaire le fini d'une carrosserie.

# Manuel de CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

**Par F.-R. PETIT**
Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Aéronautique et de l'École pratique d'Électricité Industrielle.

1 vol. in-18 de 246 pages avec 188 figures, cartonné..... 10 fr.

**Considérations générales.** — Résistance opposée par l'air au mouvement des corps qui s'y déplacent. — Résultats des expériences. — Résistance de l'air sur les plans inclinés. — Principe de l'aéroplane — *Divers types d'avions :* — A. Monoplans ; — B. Biplans et triplans. — *Manœuvre des avions.*

**Matériaux employés.** — *Métaux.* — *Toiles.* — *Caoutchouc.*

**Ailes et plans.** — Constitution générale d'une aile. — Longerons. — Construction des nervures. — Nervures en bois ; — flexibles ; — métallique. — Montage des nervures sur les longerons. — Fixation des ailes sur les fuselages. — Plans secondaires. — Entoilage.

**Fuselages.** — **Dispositifs d'atterrissage** : Généralités ; — Châssis Blériot ; — Antoinette ; — R. E. P. ; — Nieuport ; — Bayard-Clément ; — Deperdussin.

**Hélices.** — **Moteurs** : Moteurs à cylindres fixes ; — Renault à refroidissement par air ; — Hispano-Suiza à refroidissement par eau. — Renault à refroidissement par eau ; — Salmson ; — Rotatifs ; — Le Rhône.

**Dispositifs de commande.** — Commandes Blériot ; — Deperdussin ; — A. O. F. ; — Bréguet, etc.

# MANUEL DU FORGERON

**Par M. LAGARDELLE**

Chef d'atelier à l'École Nationale d'Arts et Métiers de Châlons.

1 vol. in-18 de 420 pages avec 253 figures, cartonné..... 12 fr.

**La forge.** — Bâti de forge métallique. — Différentes sortes de tuyères. — Soufflets. — Ventilateurs. — Aspirateurs de fumée. — Accessoires de la forge. — Allumage, conduite et entretien du feu. — Position de la pièce à chauffer dans le feu. — Appréciation des différentes températures. — Nature et qualités des combustibles à employer à la forge. — Forges portatives.

**Le forgeage** (*généralités*). — Matières premières employées à la forge : Fer et ses dérivés. — Règles de forgeage du fer et des aciers au carbone. — Recuit des pièces forgées. — Trempe. — Revenu après la trempe. — Exemples de trempe. — Cémentation. — Différents genres de travaux demandés au forgeron.

**L'outillage.** — Outillage mobile. — Outillage fixe. — Outillage de vérification.

**Principales opérations de forgeage.** — Étirage. — Chassage. — Mandrinage. — Perçage. — Coudes et épaulements. — Torsion. — Rivetage. — Emboutissage. — Soudures. — Brasage et soudures diverses.

**Application des principes de forgeage.** — *Fabrication des différentes pièces : Prisme à base carrée de 25 × 25 × 200. — Cubes* : Clavettes, tournevis, écrous. — Boulons. — Pitons. — Rivetage, emboutissage. — Modification des formes par refroidissement, etc.

**Organisation de l'atelier.**

# MANUEL DE FORGEAGE MÉCANIQUE

**Par G. LAGARDELLE**

Chef de l'atelier des Forges à l'École Nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne.

1 vol. in-18 de 356 pages avec 263 figures, cartonné..... 12 fr.

**Essais mécaniques.** — Essais de traction. — Striction. — Essai de dureté. — Relation entre le chiffre de Brinell et le chiffre de traction. — Appareils « Guillery ». — Recherche de la limite élastique en dehors de l'essai de traction. — Aciers spéciaux. — Influence de la composition des aciers sur leurs propriétés. — Classification des aciers spéciaux.

**Marteaux-pilons à vapeur.** — Marteaux-pilons à vapeur à simple effet. — Marche d'un marteau-pilon à simple effet. — Marteaux-pilons à vapeur à double effet. — Marteaux-pilons à air comprimé. — Marteaux pneumatique ; — atmosphériques ; — à ressort ; — à planche. — Moutons.

**Presses.** — Classification des presses. — Combinaisons de presses. — Machines à forger. — Bulldozer. — Laminoir de forge. — Machine à fraiser et à scier à chaud. — Machine à couder. — Machine à refouler. — Machine à cintrer ou à rouler.

**Principales opérations de la forge mécanique. — Appareils de chauffage et de réchauffage.** — Classification des fours. — Comparaison entre le chauffage au gaz et le chauffage aux huiles lourdes. — Fours utilisant la houille. — Fours utilisant le coke. — Fours chauffés aux huiles lourdes.

# MANUEL DE MAÇONNERIE

**Par M. CABIAC**

Ingénieur des Arts et Métiers.

1 vol. in-18 de 268 pages avec 221 figures, cartonné..... 12 fr.

**Notions de géométrie.**

**Matériaux entrant dans la construction.** — Pierres. — Matériaux céramiques. — Sable. — Graviers et cailloux. — Plâtre. — Chaux. — Ciment. — Mortiers. — Bétons. — Pisé de mâchefer. — Produits comprimés. — Carreaux en ciment. — Pavés.

**Outillage. — Fondations.**

**Maçonneries diverses.** — Pierres de taille. — Moellons. — Meulière. — Maçonnerie de briques. — Béton et pisé. — Maçonneries mixtes. — Maçonneries incongelables.

**Caves.**

**Batiments en élévation.** — Murs de façade et de refend. — Portes et fenêtres. — Décoration des façades et des baies. — Conduites de fumée. — Cloisons intérieures. — Planchers en fer. — Balcons. — Lucarnes. — Chaînage.

Escalier en pierre. — **Ravalement.** — **Etaiement.** — **Echafaudage.** — **Résistance des matériaux.** — **Métré.**

# MANUEL DE LA COUPE DES PIERRES

**Par M. MUGNIER**

Entrepreneur de Travaux Publics, Contremaître de Stéréotomie à l'École Pratique de Commerce et d'Industrie de Béziers.

1 vol. in-18 de 268 pages avec 169 figures, cartonné..... 14 fr.

**Eléments de géométrie pratique. — Propriété et classification des pierres.**

**Murs divers.** — *Plates-bandes et berceaux.* — Mur droit. — Mur en talus. — Mur rampant. — Mur cylindrique ou en tour ronde. — Mur conique. — Appareil à la rencontre des murs. — Pose et ravalement des murs. — Plates-bandes; — épure; — taille des claveaux; — pose d'une plate-bande. — Appareils des berceaux : épure. — Porte droite dans les murs divers : tracé de l'épure. — Développement de l'intrados et des joints. — Exécution d'un voussoir. — Porte plein cintre dans un mur en tour ronde. — Porte droite dans un mur biais. — Porte en talus. — Effet perspectif des voussoirs. — Berceaux en descente.

**Portes à voussures et trompes.** — Tracé de l'épure. — Elévation de face. — Perspective des voussoirs. — Taille des voussoirs. — Arrière-voussure de Marseille. — Arrière-voussure de Montpellier. — Arrière-voussure de Saint Antoine. — Des trompes : trompe cylindrique; — trompe conique sur l'angle.

**Des voûtes et pénétrations.** — Voûte canonnière. — Voûte sphérique. — Niche sphérique. — Pénétration des voûtes; — balcon à encorbellement; — voûte en arc de cloître; — voûte d'arête en tour ronde; — lunettes.

**Des escaliers.** — Tracé des escaliers. — Escalier à perron. — Escaliers suspendus. — Escaliers à noyau. — Escaliers en vis à jour avec limon — Vis Saint-Gilles.

**Pont biais.** — Corne de vache à intrados gauche du biais passé. — **Appareil hélicoïdal.**

# MANUEL DE SERRURERIE
## ET DE FER FORGÉ
**Par M. MOUTARDIER**
Professeur technique à l'École Diderot.

1 vol. in-18 de 380 pages avec 440 figures, cartonné..... 15 fr.

**Généralités sur le travail des métaux.** — *Maniement de la lime, du marteau, du burin et du bédane.* — Perçage et poinçonnage. Affûtage des forêts. — *Dressage et dégauchissage des fers.* — Fers plats, méplats et carrés. — Feuillards et larges plats. — Fer T et cornières. — Fer I.

**Exercices progressifs d'ajustage et de façonnage des fers.** — Ajustement. — Assemblage. — Taraudage. — Brasage.

**Assemblage des fers rainés.** — **Assemblage des fers T.**

**Assemblage et cintrage des fers, moulures à vitrages.** — Patte en T. — Petit bois fer-moulure à vitrage. — Assemblage d'angles et raccordement d'un arc de cercle. — Raccordement de deux arcs de cercle sur une partie droite. — Ogives. — Fers à moulure et demi-moulure à vitrage.

**Exercice de montage et d'ajustage.**

**Serrurerie.** — *Réparation des serrures.* — Becs de cane. — Serrure à bouton. — Serrure de sûreté à triage.

**Pièces de petite forge.** — Taillage d'une clé à chiffre, dans un panneton plein. — Ajustage d'une clé de sûreté à six gorges. — Ajustage d'une clé à garniture.

**Réparation des clés.** — Remplacements divers. — Ajustage et brassage d'un museau. — Finition d'une clé et empreintes de clés.

**La forge.** — *Confection de petit outillage.* — *Soudage et étirage des fers.*

**Pièces de petite forge.** — **Soudage et encollage des fers.** — **Assemblage et perçage à chaud.** — **Construction et ferrage des grilles et portes en fer.** — **Forgeage des noyaux simples et à plusieurs départs.** — **Volutes et serrurerie ornementale.**

# MANUEL DU BRONZE D'ART
## CISELURE et GRAVURE
**Par G. HAMM**
Directeur de l'Ecole départementale d'Art appliqué de la Gironde.

1 vol. in-18 de 276 pages avec 162 figures, cartonné..... 12 fr

L'art du bronze à travers les âges. — Le dessin, la composition et le modelage. — Etudes des styles. — La réparure ou retouche du modèle en plâtre préparé pour la fonte en bronze et l'exécution des modèles en terre ou en bois. — La technologie du métier. — La fonte des bronzes d'art, la terre et la cire à modeler, les patines, les creux en bronze. — Fabrication du bronze d'art. — Technique et matières premières (décapage). — La ciselure. — Les outils. — Les limes et riffloirs : la taille, retaille et trempe. — Les ciselets, outils dits de chics. — Le finissage des pièces. — Les ciments, les boulets. — Ciselure. — Lever des fonds. — Objets ciselés, repoussés et gravés. — Exemples de travaux repoussés et ciselés. — Le travail de l'étain, du plomb et des métaux précieux. — Gravure sur métaux, outillage du graveur et quelques exemples de travaux. — Des différents genres de gravures à l'échoppe, burin, eau-forte, taille-douce.

# Manuel de l'Arpenteur - Métreur

**Par M. J. RABATÉ**
Ingénieur A.-et-M. et E. S. E.

1 vol. in-18 de 366 pages avec 250 figures, cartonné..... 14 fr.

**Notions de géométrie. — Topographie ou arpentage.** — Notions préliminaires. — Appareils employés. — Le mètre. — Les jalons. — Chaîne d'arpenteur. — Règles divisées. — Lunette stadimétrique. — Mire à voyant. — Mire parlante. — Pied à translation. — Tachéomètres auto-réducteurs. — Mesures des distances verticales. — Niveau d'eau. — Niveau à bulle d'air. — Niveau à bulle à pinnules. — Niveau à collimateur. — Niveau à lunette. — Niveau d'Egault. — Niveau de Bruner. — Niveau de Gravet, etc.

**Nivellement.** — Procédés du nivellement. — Nivellement composé ou par cheminement. — Nivellement par rayonnement, en long, en travers. — Nivellement général de la France. — Nivellement trigonométrique. — Opérations tachéométriques. — Courbes de niveau. — Lectures des plans et des cartes topographiques.

**Métrage et vérification.** — Vérification. — Fers et fontes. — Epuisements et autres travaux exécutés en régie. — Mesure des principaux solides rencontrés dans la construction. — Mode d'évaluation des ouvrages. — Règlement du cube des terrassements. — Maçonneries. — Rapport des livres, méthodes graphiques. — Orientation des plans. — Aciers. — Métrage et application des prix des ouvrages en fonte, fer, acier, etc. — Peintures, etc. — Considérations particulières et générales. — Devis d'un pavillon.

# MANUEL DES
# PAVAGES, CARRELAGES, MOSAÏQUES

**Par G. DAUBRAY**
Ingénieur des Arts et Métiers, Directeur d'Usine Céramique.

1 vol. in-18 de 373 pages avec 146 figures, cartonné..... 14 fr.

**Historique et généralités.** — Pavages de chaussées et trottoirs. — Carrelages, dallages et mosaïques. — Revêtement.

**Matières premières et outillage.** — Matières premières naturelles. — Matières premières préparées et produits chimiques. — Appareils de manutention. — Machines de broyage. — Appareils de préparation. — Moulage et compression. — Séchage. — Fours. — Combustible et appareils de contrôle. — Conduites des fours.

**Fabrication et préparation.** — Préparation des pavés. — Fabrication des briques. — Fabrication des carreaux en terre cuite. — Fabrication des carreaux de céramique à laitier. — Grès-cérames unis et à dessins. — Fabrication des carreaux émaillés. — Carreaux de ciment — Fabrication de pavés d'asphalte et préparations diverses.

**Applications, pose, entretien.** — Essais, résistance, usure, porosité, usages. — Revêtement des chaussées. — Pose des divers carreaux. — Confection des dallages sans joints. — **Les Mosaïques.** — Pose des revêtements. — Efflorescences. — Moyens préventifs. — Traitement.

# Manuel de l'Ouvrier Fumiste en Bâtiment

Par A. BELLONI

Professeur en chef de l'École pratique d'application de la Chambre syndicale de la Fumisterie.

1 vol. in-18 de 432 pages avec 231 figures, cartonné..... 14 fr.

**Éléments.** — **Outillage.**

**Matériel.** — **Matériaux.** — Briques. — Les boisseaux. — Les poteries. — Les wagons. — Carreaux de terre cuite. — Carreaux de faïence. — La terre à four. — Le coulis réfractaire. — La chaux. — Le plâtre. — Les fers.

**Objets fabriqués.** — Les montants de tuyaux. — Objets fabriqués pour cheminées. — Appareils caloriques. — Rétrécissements en faïence. — Rétrécissements en fonte. — Trappes. — Bouches de chaleur. — Objets fabriqués pour poêles. — Fourneaux de cuisine portatifs. — Hottes. — Ventilation.

**Travaux manuels.** — Ramonage.

**Réparations de petit entretien.** — **Pose et installation de cheminées portatives.** — **Scellements en plâtre et en ciment.** — **Raccords.** — **Ouvrages en briques.** — **Conduits de chaleur et de fumée.** — **Cheminées d'appartement.** — **Fourneaux de cuisine.**

# MANUEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ

## APPAREILLAGE

Par M. QUERET

Ingénieur A. et M.

1 vol. in-18 de 322 pages avec 123 figures, cartonné..... 12 fr.

**La fabrication du gaz.** — Les charbons. — Les chauffages des fours. — Les fours de distillation. — Le gaz à l'eau. — Le contrôle de la marche.

**Les traitements du gaz.** — Première condensation du gaz. — Extraction du gaz. — Deuxième condensation et lavage. — Épuration chimique. — Mesurage et emmagasinage du gaz. — Le départ du gaz de l'usine.

**Le réseau.** — La canalisation. — Le branchement.

**Les sous-produits et fabrications annexes.** — Le coke. — Le goudron et l'eau ammoniacale. — Le benzol.

**Les applications du gaz.** — L'éclairage au gaz — Le chauffage au gaz. — Les moteurs à gaz.

# MANUEL DU CHAUDRONNIER

PAR

**E. ADAM**
Contremaître de Chaudronnerie à l'École pratique de Cherbourg.

**VENTRILLON**
Agent technique de la Marine, diplomé de l'École technique supérieure de la Marine.

1 vol. in-18 de 412 pages avec 324 figures, cartonné..... 14 fr.

**Divers genres de chaudronnerie. — Notions de géométrie et de calcul. — Métaux employés en chaudronnerie. — Les soudures. — Les acides. — Désoxydants. — Combustibles. — Chaudronnerie proprement dite. — L'outillage. — Les foyers. — Dressage des tôles. — Objets non développables. — Pièces de révolution.**

**Mise en forme.** — Emboutissage et restreinte. — Tracé des pièces formé

**Solides développables.**

**Modes de jo ction et d'assemblage.** — Soudure. — Brasage. — Agrafage. — Rivetage. — Boulonnage. — Jonctions et assemblages convenant à divers métaux. — Soudures. — Brasage. — Rivetage. — Boulonnage.

**Etamage au bain.**

**Tuyautages.** — Mandrinage et dudgeonnage. — Renseignements concernant l'exécution d'un tuyautage. — Joints divers.

**Grosse chaudronnerie.** — Appareils de chauffage et de distillation. — Chaudières. — La tôle, la cornière et les profilés. — Les soudures. — Découpage au chalumeau. — Outillage. — L'atelier. — La mise en forme. — Montage, rivetage, matage. — Essai d'une installation.

**Chaudronnerie mécanique.** — Le polissage. — Le rayonnement.

**Chaudronnerie décorative et chaudronnerie d'art.**

# MANUEL de FERBLANTERIE-ZINGUERIE

## CUIVRERIE ET TÔLERIE

**Par H. CUINAT**
Ingénieur des Arts et Métiers.

1 vol. in-18 de 295 pages avec 259 figures, cartonné..... 12 fr.

**Arithmétique et algèbre. — Eléments de géométrie. — Dessin industriel. — Matières premières employées dans la tôlerie, la ferblanterie et la zinguerie. — Outils du ferblantier, du tôlier et du zingueur. — Machines à main pour le travail des métaux en feuilles. — Machines au moteur pour le travail des métaux en feuilles. — Soudure autogène. — Outils se montant sur les balanciers à main et sur les presses ou balanciers au moteur.**

**Travail à la main du fer-blanc, du zinc, du cuivre et de la tôle.** — Traçage. — Modèle de coupe. — Coupe et perçage. — Ferblanterie polie. — Montage. — Emboutissage. — Soudage au charbon de bois. — Brasage. — Rivetage. — Récurage. — Confection d'un entonnoir en fer-blanc. — Confection d'un seau en fer-blanc. — Confection d'un arrosoir en zinc. — Confection d'un allume-feu en tôle.

**Fabrication mécanique des articles en fer-blanc, en zinc et en tôle.** — Agence générale de la fabrication. — Ateliers. — **Dispositions d'ensemble de la fabrique.**

# Manuel du Peintre en Décors

## FILAGE — LETTRES

**Par Paul GUILVERT**

Professeur à l'École Française pratique et professionnelle de Peinture décorative de Melun.

1 vol. in-18 de 232 pages avec 105 figures, cartonné..... **12 fr.**

**De l'outillage. — Des couleurs.**

**Etude des bois (bois à l'huile).** — Noyer. — Loupe de noyer. — Cèdre. — Sapin. — Pitchpin. — Bois de violette. — Bois de rose. — Noyer frisé. — Palissandre (ciré ton naturel). — Palissandre (verni ou poli). — Courbary. — Amarante. — Grisard. — Platane. — Peuplier, etc. — Acajou lisse ou femelle. — Acajou moiré ou gerbé. — Acajou moucheté ; — satiné. — Thuya. — Erable jaune ou doré, etc.

**Etude des marbres.** — Marbre blanc ou blanc veiné. — Bleu fleuri. — Brèche grise. — Portor. — Grand antique. — Petit antique. — Vert de mer. — Vert de Gênes. — Sainte-Anne. — Griotte. — Vert d'Egypte. — Levante. — Cerfontaine. — Languedoc. — Rouge royal. — Rance. — Vert vert. — Vert campan. — Bazalte vert. — Granit de Bretagne, etc.

**Bronzes. — Ecaille et divers. — De l'enseigne. — Filage. — Décoration.**

# MANUEL DU PEINTRE ET VITRIER

## en bâtiments

**Par M. Albert LE PETIT**

Entrepreneur de peinture et vitrerie.

1 vol. in-18 de 272 pages avec 52 figures, cartonné..... **12 fr.**

**Notions pour peintre et vitrier.** — Notions pour peinture et vitrerie. — Technologie de la profession. — Couleurs et matériaux divers. — Couleurs pour teinter et couleurs fines. — Les liquides ou véhicules. — Les vernis. — Les siccatifs. — Les encaustiques. — Outillage. — Matériel. — Exemple de travail pratique (intérieur). — Exemple de travail pratique (extérieur). — Cas particuliers, procédés divers. — Vitrerie. — Catégories et genre de verres. — Dorure de bâtiment ou dorure à l'huile. — Outillage. — Marouflage. — Papiers peints. — Avenir et situation pour un ouvrier. — Conseils à l'apprenti et à l'ouvrier.

# MANUEL DU PEINTRE

## I

## COULEURS ET VERNIS

**Par Ch. COFFIGNIER**
Ingénieur-chimiste E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 350 pages avec 31 figures, cartonné..... 10 fr.

**Couleurs.** — *Laques.* — *Charges.* — Blanc de baryte ; — de Meudon ; — de silice ; — minéral. — Kaolin. — Talc. — *Couleurs blanches.* — *Couleurs bleues.* — *Couleurs brunes.* — *Couleurs jaunes.* — *Couleurs naturelles.* — Minium d'aluminium ; — de fer. — Ocres : *jaunes, rouges,* etc. — *Couleurs noires.* — *Couleurs rouges.* — *Couleurs vertes.* — *Couleurs violettes.* — *Bronzes-couleurs.* — *Couleurs par mélanges.* — Nuances bleues ; — grises ; — jaunes ; — vertes ; — violettes. — *Commerce des couleurs.*

**Vernis.** — *Généralités.* — *Gommes et vernis.* — Résines. — *Asphaltes et colorants* — *Résinates et linoléates.* — *Huiles.* — *Dissolvants.* — *Siccativation des huiles.* — *Fabrication des vernis gras.* — *Propriétés des vernis gras.* — *Fabrication des vernis à l'essence.* — *Différents vernis à l'essence.* — *Fabrication des vernis à l'alcool.* — *Vernis à dissolvants mélangés.* — Recettes. — *Vernis divers.* — Vernis mixtes. — Laques. — *Linoléum et toile cirée.* — *Commerce des vernis.*

# MANUEL DU PEINTRE

## II

## PEINTURES, ENDUITS, MASTICS ET DIVERS

**Par Ch. COFFIGNIER**
Ingénieur-chimiste E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 276 pages avec 32 figures, cartonné..... 10 fr.

**Peintures.** — Broyage à l'huile. — Broyage à l'essence. — Couleurs industrielles ; — diverses ; — artistiques. — Broyage à l'eau. — Aquarelle. — Gouache. — Peintures à l'huile. — Peintures vernissées. — Peintures à l'eau. — Peintures spéciales.

**Enduits et mastics.** — Enduits. — Mastics ; — vitrier · — à reboucher ; — pour joints ; — divers ; — résineux (pour verres et métaux) — au vernis ; — résistant à l'humidité. — Recettes diverses.

**Divers.** — Alcali. — Amiante. — Aventurine. — Bronzages. — Brou de noix. — Cires. — Colles. — Cordages. — Décapants. — Emeri. — Encaustique. — Eponges. — Filling-up. — Graphite. — Humidité des murs. — Imperméabilisation des toiles. — Inscriptions sur verre. — Or en coquille. — Pastel. — Pâte à gesso. — Plombagine. — Ponce. — Potasse. — Produits de nettoyage. — Sanguine. — Stuc. — Siccatifs solides. — Teintures. — Tripoli. — Wood-filler.

# MANUEL DE L'INDUSTRIE DU LIÈGE

**Par E. MICHOTTE**
Ingénieur civil.

1 vol. in-18 de 334 pages avec 23 figures, cartonné..... 12 fr.

**Les chênes. — Noms du chêne-liège. — Insectes parasites.**

**Production. — Régions de croissance.** — Limite de culture actuelle, superficie et production mondiale. — Superficie des forêts de chênes-lièges en Algérie. — Frais de récolte. — Exploitation actuelle, vente du liège, prix du liège, variation des prix du liège.

**Culture, création d'une plantation.** — Soins culturaux, rendement, conservation des glands pour la reproduction. — Incendies des forêts.

**Exploitation, mise en valeur.** — Démasclage et lavage, époque, opération. — Conduite d'une récolte. — Composition d'un chantier en règle. — Préparation des lièges, bouillage, raclage. — Industrie : bouchons, matière première, préparation, traitement à l'acide sulfureux, collage, mise à l'air, fabrication à la main.

**Fabrication mécanique.** — Machines. — Meules. — Tournage mécanique. — Fabrication des bouchons.

**Objets en plaques.** — Semelles. — Objets divers.

**Utilisation des déchets.** — Trituration du liège. — Linoléum. — Papier de liège, sculpture, engins de sauvetage, pavage. — Agglomérés.

# MANUEL DE VANNERIE

## (TECHNOLOGIE VANNIÈRE)

PAR

**Eug. LEROUX**
Ingénieur-agronome, directeur, à l'École nationale d'Osiériculture

**R. DUCHESNE**
Chef de fabrication, professeur, et de Vannerie de Fayl-Billot.

1 vol. in-18 de 376 pages avec 271 figures, cartonné..... 12 fr.

**Notions générales.** — Outillage. — Matières premières employées en vannerie.

**Grosse vannerie.** — Travail en plein. — Les fonds. — Les montants. — Les torches. — Les cordons. — Torche sur le bout dans un panier rectangulaire en travail piqué. — La clôture. — Bordures. — Les emboîtages. — Pied d'osier. — Epluchage du panier. — Les anses. — Les couvercles et leurs attaches. — Les fermetures.

**Travail à jour de grosse vannerie.** — Panier à jour simple. — Le croisé simple. — Le croisé double. — Travail à jour renforcé.

**Vannerie rustique.** — **Vannerie à monture de chêne.** — **Garnitures accessoires.** — **Les emballages.** — **Articles de grosse vannerie non compris dans les emballages.**

**Vannerie fine.** — Travail de l'osier rond ; — du rotin filé; — d'osier rond et d'éclisses.

**Articles de vannerie fine.** — Articles de provision ; — de pêche ; — de voyage ; — de table ; — de bureau ; — divers.

**La vannerie de luxe.** — La chaise. — Le fauteuil. — Le canapé. — Les tables. — Tabouret de pied. — Chaise-longue. — La sellette ou piédestal. — Corbeille sur pied. — Meubles suisses. — Mesures de fauteuil pour enfants.

# MANUEL DE TOURNAGE SUR BOIS

**Par H. GASCHET**
Directeur de l'École pratique de Commerce de Marmande.

1 vol. in-18 de 248 pages avec 301 figures, cartonné..... 12 fr.

**Dessins et tracés.** — Instruments de dessin. — Instruments de traçage.

**Tracés géométriques. — Raccordements et moulures. — Corps ronds. — Etude des bois. —** Classification des bois. — **Les outils pour le tournage du bois. — Outils auxiliaires. — Assemblages courants. — Appareils à meuler et à affûter les outils. — Préparation des bois de tournage. — Description de quelques tours et organes de tours. — Procédés de montage et d'entraînement. — Mandrins. — Lunettes. — Procédés d'exécution. — Polissage. — Mise en couleur. — Vernissage. — Encaustique. — Tours spéciaux et tours automatiques. — Finition mécanique.**

**Exercices gradués de tournage.** — Exécution d'un cylindre; — de cannelures triangulaires; — de gorges circulaires; — d'un cylindre avec tores en relief; — d'un sabot; — de deux pieds de meuble semblables; — de quatre manches d'outils de tours à bois; — d'une paire de tourillons de scie à chantourner; — d'un jeu de quilles; — d'un pilon de cuisine; — d'un maillet, etc.

# MANUEL DE SCULPTURE SUR BOIS

**Par H. GASCHET**
Directeur de l'École Pratique de Commerce de Marmande.

1 vol. in-18 de 208 pages avec 275 figures, cartonné..... 8 fr.

**Sculpture sur bois.** — Différents genres de sculpture.

**Les sources d'inspiration. — Tracés géométriques. — Tracé des moulures. — Moulures. — Ornementation des moulures. — Ornementation des surfaces planes et courbes. — Etude des bois. — Classification des bois. — Outils servant à fixer et procédés de fixation. — Outillage de sculpteur sur bois. — Procédés de sculpture sur bois. — Machines à sculpter.**

**Les styles.** — Epoque romane. — Style gothique. — La Renaissance — Style Louis XIII. — Style Louis XIV. — XVIII[e] siècle. — Style Régence ou Rocaille. — Style Louis XV ou Pompadour. — Style Louis XVI. — Style Empire. — Les styles après le premier Empire.

# MANUEL DE MENUISERIE

## PARQUETAGE - TREILLAGE

**Par M. GODEAU**

Directeur des cours professionnels et municipaux de Chartres.

1 vol. in-18 de 300 pages avec 368 figures, cartonné..... 12 fr.

**Bois employés en menuiserie.** — Développement et structure des bois. — Propriétés des bois. — Débit des bois. — Conservation des bois. — Classification des bois industriels.

**L'outillage.** — Outillage à main. — Outillage mécanique.

**Premières notions sur l'assemblage.** — Principales conventions du dessin de menuiserie. — Choix des bois. — Débit. — Corroyage. Son importance. — Assemblages. — Petits travaux simples de menuiserie. — Moulures.

**Menuiserie du bâtiment.** — *Construction.* — *Pose.* — Menuiserie pleine à bois debout. — Menuiserie à châssis. — Parquetages. — Corniches et frontons.

**Menuiserie à fausses coupes.** — Notions géométriques. — Arêtiers. — Auges. — Pétrins. — Trémies. — Marchepieds, etc.

**Escaliers.** — **Arêtiers.** — Voussures diverses.

**Notions sur les styles en menuiserie.** — **Construction et pose des treillages.**

# MANUEL DU MODELEUR

## Construction des modèles de fonderie et de dispositions de moulage.

**Par M. VINCENT**

Ingénieur des Arts et Métiers, chef des travaux à l'École Pratique de Commerce et d'Industrie d'Agen.

1 vol. in-18 de 334 pages avec 416 figures, cartonné..... 14 fr.

**Moulage sur modèles.** — *Méthodes employées pour faciliter le dégagement du modèle.* — *Bois à employer en modèlerie.* — *Les outils du modeleur.* — *Généralités sur la construction des modèles.* — *Noyaux et portées.* — *Détails de construction des modèles simples.* — *Boîtes à noyaux de forme simple.*

*Modèles démontables.* — Partie verticale de grande hauteur qui sortirait difficilement du sable. — Partie de modèle ne dépouillant pas et retirée du moule dans l'évidement créé par le dégagement du corps du modèle. — Modes de fixation des parties démontables. — Exemples. — Modèles de section variable dont le moulage nécessite une ou plusieurs chapes; — 1° assemblage par emboîtement; — 2° montage au moyen de vis; — 3° montage au moyen de goujons. — Parties démontables dans les boîtes à noyaux.

*Disposition de modèles simplifiant le travail de fonderie.* — Modèles en bois. — Supports de modèles. — Demi-modèles sur marbre. — Plaques-modèles.

*Simplification des modèles.* — *Détermination du prix de revient d'un travail de modèlerie.*

**Moulage au trousseau.** — *Trousseau sur tours à noyaux.* — *Trousseaux d'axe vertical.* — Appareils : — 1° méthode générale de troussage; — 2° moulage au trousseau en deux parties de châssis. — Modifications à apporter aux planches pour le troussage des parties fragiles. — Moulage au trousseau en trois parties de châssis. — Emploi de parties de modèles dans le tour modèle et dans le noyau.

# MANUEL DU TISSAGE

## MATIÈRES TEXTILES. TISSUS SIMPLES.

**Par M. LABRIFFE**

**Professeur à l'École des Arts industriels de Tourcoing.**

1 vol. in-18 de 416 pages avec 168 figures, cartonné..... 18 fr.

**Les textiles.** — *La soie, la shappe, la bourrette.* — Soie tussah. — Soies de Londres. — Soies de Lyon. — La shappe. — La bourrette. — *La laine.* — *Le coton.* — *Le lin, le chanvre, le jute.* — *Matières diverses :* — *Matières de corderie et sparterie.* — Phormium. — Aloès. — Coco. — Alfa. — Sparte ou esparto. — Rafia. — Agave. — Luc-Binh. — *Matières riches pour brocarts et passementerie.* — Ramie. — Ortie sauvage. — Soie artificielle. — Amiante ou asbeste. — Cellulose de bois. — Fils de papier. — Kapok. — Soie d'araignée. — Soie marine. — *Moyens de reconnaître les divers filés.*

**Le tissage.** — *Agencement du métier à tisser. Disposition de la pièce et marche générale.* — Bobinage. — Ourdissage. — Combinaisons. — Parage et encollage. — Pliage ou dressage. — Rentrage. — Etude des rentrages. — Passage au rot. — Piquage en peigne. — Tordage, broyage ou rappondage. — Canetage. — Préparation du métier à tisser.

**Théorie des armures.** — Tracé d'exécution d'un tissu. — Armures fondamentales. — Armures dérivées. — Lisières.

# MANUEL DU TISSAGE

## DRAPERIE

**Par M. LABRIFFE**

1 vol. in-18 de 400 pages avec 200 figures, cartonné.....

**Tissus double face.** — Détermination préalable des embuvages et du nombre maximum de duites. — Double face trame à proportions diverses. — Tissus doubles. — Etoffes multiples. — Analyse des étoffes laines cardées, foulées. — Note de disposition d'un article lainage croisé pour robe. — Tissus à effets spéciaux par procédés de tissage. — Les velours. — Astrakan par chaîne. — Gaze anglaise, etc

# MANUEL DU FILATEUR

**Par F. RUBIGNY**
Ingénieur I. E. L.

**1 vol. in-18 de 366 pages avec 173 figures, cartonné..... 12 fr.**

**Généralités.** — Des fibres utilisées en filature.

**Principes généraux de filature.** — *Etirage.* — *Doublage.* — Mélanges. — Torsion. — *Conditionnement.* — Appareils à conditionner. — *Du numérotage et du titrage des fils.* — Bases du titrage : Numérotage de la soie. — Numérotage des fils de coton. — Numérotage du lin, jute, chanvre, ramie, phormium, titrage français. — Numérotage de la laine cardée. — Numérotage de la laine peignée. — Détermination des numéros des fils. — *Vérifications et essais des fils.* — Renseignements au sujet des fils retors.

**Le lin. — Le jute. — Le chanvre. — La ramie.**

**Le phormium. — Le coton.** — *Déchets de la filature du coton.* — *Fabrication des fils à coudre.*

**La laine.** — Fils d'animaux divers : Poils de chèvre. — Poils de lapin. — Poils de chameau. — Crins de cheval. — Cheveux humains.

**La soie.** — *Pays producteurs.* — *Shappe ou déchets de soie.* — *Soie végétale.* — *Soie artificielle.* — *Fils de papier.* — *Amiante.* — *Renseignements pratiques.*

# MANUEL DE RUBANERIE, PASSEMENTERIE ET LACET

**Par H. BARET**
Inspecteur du travail à Saint-Etienne.

**1 vol. in-18 de 357 pages avec 326 figures, cartonné..... 14 fr.**

**Matières textiles.** — Soie artificielle. — Conditionnement des textiles. — *Les étapes des métiers à tisser.* — Organisation de la fabrique Stéphanoise. — Passementerie. — Lacet. — *Le tissage du ruban.* — Armures fondamentales. — Armures du premier genre. — Armures dérivées, etc. — Lisières de corde. — Satin tubulaire. — Armures velours.

**Principes de mise en fabrique.** — *Passementerie.* — Principes et règles de la mise en carte. — Principes de tissage. — *Métiers à tisser le ruban.* — Le dévidage. — L'ourdissage. — Peignes. — Navettes — Cames.

**Métiers modernes.** — Métrage. — Métier basse lisse. — Métier tambour. — Enroulement du tissu. — Montage et réglage. — Métiers velours. — Mécanique Jacquard. — Battants brocheurs. — Le dévidage. — Métrage. — Principe du métier à lacet. — Les fuseaux. — Commandes métiers. — Tresses façonnées, etc.

# MANUEL de BLANCHIMENT-TEINTURE

## I

## CHIMIE TINCTORIALE

**Par Ch. LIENART-FIEVET**
Ingénieur expert chimiste,
Préparateur à l'École Nationale supérieure des Arts et Industries textiles de Roubaix,
Professeur à l'École de Commerce et de l'Industrie de Tourcoing.

1 vol. in-18 de 383 pages avec 56 figures, cartonné..... 16 fr.

**Les produits chimiques.** — Des produits anorganiques et organiques. — Chlorures décolorants. — Composé hydrogène du soufre. — Composés oxygènes du soufre. — Des alcalis proprement dits. — Sels, mordants d'alumine. — Chrome, constitution des sels. — Sels d'étain; — de cuivre ; — d'antimoine ; — d'arsenic ; — de plomb ; — Produits de vannage. — Des savons. — Produits ou mordants gras. — Tétracarnit. — Colorants acides et colorants mordant facilement. — *L'eau dans l'industrie tinctoriale.* — *Des combustibles.*

**Etudes spéciales des fibres végétales.** — *La laine.* — Le lavage de la laine. — L'épaillage. — Formes commerciales de la laine. — Réaction de la laine sur les matières colorantes. — *La soie.* — Bourre de soie provenant de la partie interne des cocons. — Sortes commerciales de soies grèges. — Soie cuite. — Réaction de la soie sur les matières colorantes. — Préparation de la soie pour la teinture. — *Le coton.* — Action du coton sur les matières colorantes. — Formes commerciales du coton. — Préparation du coton pour la teinture. — Analyse des tissus mixtes. — Papiers.

# MANUEL de BLANCHIMENT-TEINTURE

## II

## TEINTURE ET APPRÊTS

**Par Ch. LIENARD-FIEVET**
Ingénieur expert chimiste,
Préparateur à l'École Nationale supérieure des Arts et Industries textiles de Roubaix,
Professeur à l'École de Commerce et de l'Industrie de Tourcoing.

1 vol. in-18 de 400 pages avec figures, cartonné.....

*Apprêts épurants.* — *La laine.* — Différentes phases de la fabrication des tissus de laine. — Savons pour le dégraissage de la laine. — Préparation de la laine en bourre, de la laine filée, de la laine en pièces. — Blanchiment de la laine. — Laine Renaissance. — *Le coton.* — Préparation du coton en bourre, en écheveaux, en pièces. — *La soie.* — Décreusage de la soie. — Blanchiment de la soie. — *Opérations de la teinture et du mordançage* au point de vue mécanique. — *Des apprêts colorés.* — De l'échantillonnage. — Décomposition des couleurs. — Conditions de bonne teinture. — Conservation et dissolution des matières colorantes. — Propriétés des matières colorantes artificielles. — *Des couleurs minerales.* — *Couleurs naturelles.* — Bois et fruits. — Matières colorantes végétales autres que les bois. Matières colorantes d'origine animale.

# MANUEL DE FABRICATION des AIGUILLES

## DES ÉPINGLES, DES HAMEÇONS ET DES PLUMES MÉTALLIQUES, ET L'EMPLOI DES MACHINES OUTILS SERVANT A CETTE FABRICATION

**Par M. DEMOUY**
Président de la Société des Élèves et anciens Élèves du Conservatoire National des Arts et Métiers.

1 vol. in-18 de 300 pages avec 100 figures, cartonné.....

**Les épingles.** — Historique. — Fabrication des épingles métalliques avant l'usage des machines. — Fabrication des épingles métalliques avec l'aide des machines. — Machines à faire les épingles. — Nature des métaux employés et machines à découper le laiton. — Dimensions des épingles et vente. — Epingles à chapeaux et épingles de fantaisie. — Epingles de sûreté. — Epingles à cheveux.

**Aiguilles.** — Fabrication des aiguilles métalliques avant l'usage des machines. — Fabrication des aiguilles à la machine. — Description des différentes sortes d'aiguilles.

Agrafes, portes, boucles, etc. — Boutons métalliques et boutons-pression. — Œillets et crochets à chaussure. — Les plumes métalliques. — Fabrication. — Machines automatiques. — Les hameçons. — Tréfilage et décapage. — Jauges.

# MANUEL DE COUPE

**Par Madame GUERRE-LAVIGNE**
Professeur honoraire des Écoles de la Ville de Paris.

1 vol. in-18 de 250 pages avec 170 figures, cartonné.....

Des différentes manières de couper les vêtements. — La coupe par mesures. — Ordre des mesures simples. — Formes classiques du patron. — Les corsages. — Le kimono. —Les manches de formes classiques. — Pose du patron et coupe. — Les jupes. — Dessin et correction des lignes. — Conseils pour prendre les mesures. — Les tenues irrégulières. — Importance des mesures d'emmanchures. — Les déplacements de coutures. — Les empiècements ronds. — Les blouses. — Les gilets ou intérieurs de jaquettes. — Les robes d'intérieur, peignoirs, etc. — Les manteaux.

# MANUEL DU FABRICANT D'ENCRES, CIRAGES, COLLES

**Par M. de KEGHEL**

Ingénieur chimiste E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 384 pages avec 47 figures, cartonné..... 12 fr.

**Les encres et leur fabrication.** — Les différentes espèces d'encres. — Chimisme des encres noires. — Dispositif et installations pour la fabrication des encres. — La formation des encres gallo-tanniques; — ferro-galliques; — au tanin; — à l'acide gallique; — à bases d'extraits tinctoriaux; — d'alizarine; — colorées; — d'aniline; — à copier; — sympathiques; — de sûreté; — solides et encres en poudre; — hectographiques; — pour stylographes.

**Les cirages et crèmes pour cuirs et leur fabrication moderne.** — Les matières premières pour cirages. — Les cirages et leur fabrication. — Les crèmes et pâtes pour chaussures. — Encaustiques et produits à polir.

**Les colles et adhésifs et leur fabrication moderne.** — Les matières premières (la colle forte ou colle de peau, colle d'os ou colle gélatine, colle de poisson, gomme). — Préparation des colles. — Enduits adhésifs et mastics. — Mastics.

# MANUEL DE FABRICATION DE PRODUITS CHIMIQUES

**Par M. DEMESSE**

Expert-chimiste.

1 vol. in-18 de 400 pages avec 100 figures, cartonné.....

L'usine des produits chimiques. — Production et répartition de l'énergie. — Appareils de manutention des gaz et des vapeurs. — Manutention des produits. — Outillage général de l'industrie chimique. — Le chauffage industriel.

# MANUEL DU
# FABRICANT de CAOUTCHOUC

**Par M. CHAPLET**

1 vol. in-18 de 300 pages, avec 90 figures, cartonné.....

Généralités. Plantes à caoutchouc. Récolte et coagulation des latex. Composition et propriétés du caoutchouc. Les plantes à caoutchouc. — La récolte du caoutchouc. — Méthodes pour la coagulation du latex à caoutchouc. — Propriétés du caoutchouc. — Les succédanés du caoutchouc : factices, régénérés, raffinés, gommes de synthèses. — Lincrusta. — Caoutchoucs régénérés. — Adjuvants aux gommes, Charges en colorants. Vulcanisation et accélération. — Abrasifs. — Isolants. Pigments. Diluants. Les vulcanisants. — Purification des caoutchoucs bruts, feuilles, dissolution, mélanges, vulcanisation. — Spécialités diverses de caoutchouterie. — Articles de chirurgie. — Ballons. — Chaussures. — Dentiers. — Ebonite. — Fabrication des feuilles. — Jouets. — Peignes. — Pneumatiques. — Poires. — Semelles. — Stylographes. — Timbres et clichés. Essais. — Travail du caoutchouc.

# Manuel du fabricant de Boutons et Peignes

**Articles en celluloïd et en Galalithe**

**Par M. SCHMITT**

Ingénieur-chimiste E. P. C. P.

1 vol. in-18 de 274 pages, avec 277 figures, cartonné,..... 12 fr.

**Matières premières, origines, fabrication et propriétés.** — Blanchiment de l'ivoire, des os, etc. — Collage de l'ivoire. — Teinture.

**Travail de la corne.** — Teintures. — Corne imitant l'écaille. — Fabrication du peigne en corne à la main.

**Fabrication du celluloïd.** — Fabrication des bâtons, des tubes en celluloïd. — Etablissement des usines de celluloïd. — **Galalithe.**

**Industrie du peigne.** — Peigne pour parure. — Barrettes. — Epingles. — Peigne à coiffer.

**Industrie du bouton.** — Teinture en rose du corozo. — Fabrication des boutons en corozo et de ses succédanés. — Celluloïd et galalithe. — Bouton de nacre. — Boutons en métal. — Boutons formés de deux matières accolées. — Coloration de la surface des métaux. — Boutons d'uniforme. — Boutons à pression.

**Porte-plume à réservoir.** — Lorgnons et face à main. — Colliers. — Paillettes. — Manches de couteau. — Vaporisations de couleurs. — Manches de canne et de parapluie. — Fleurs artificielles. — Ballons. — Moulage du celluloïd. — Enduits pour plans d'avions.

# MANUEL DU TANNEUR du MÉGISSIER et CORROYEUR

**Par M. HUC**

Professeur de l'Enseignement technique à Mazamet.

1 vol. in-18 de 402 pages avec 162 figures, cartonné..... 14 fr.

**La chimie du tanneur.**

**Technologie de la tannerie et de la mégisserie. Corroyage.** — Structure de la peau. — Conservation des peaux. — Défauts des peaux. — Diverses parties d'une peau et considérations pratiques. — Le travail de rivière. — Tannage végétal; — minéral. — Corroyage. — Cuirs battus. — Travail des fourrures. — Utilisation des peaux de lapin. — Courroies. — Mégissage des peaux de lapins et sauvagines.

**Travaux pratiques.** — Estimation des tanins. — Essai d'une chaux. — Comment reconnaître le cuir chromé. — Reconnaître si un cuir a été chromé à un ou deux bains. — Essai de prétannage à la quinone. — Démontage (peau tannée au végétal). — Eclaircissement des cuirs (tannés au végétal). — Blanchiment des cuirs (tannés au végétal). — Genèse des couleurs.

# MANUEL DU CORDONNIER

**Par A. LIÉGEART**

Directeur de l'École pratique et des Cours professionnels de Romans.

1 vol. in-18 de 298 pages avec 246 figures, cartonné..... 14 fr.

**Applications du patron et notions technologiques relatives à la constitution du pied et à la chaussure.** — Le pied. — Morphologie. — Mesures. — Forme. — Matières premières employées dans la fabrication de la chaussure. — Vernis. — Lacets. — Doublures. — Claques, etc... — Mesures des peaux. — Le tissu. — Chaussures sur mesure; — fabriquées mécaniquement. — Différents types de chaussures, etc.

**Patronage.** — Tracé. — Ajustage. — Le patron. — Plan. — Procédés de dressage; — pour habillage de la forme. — Tracés et greffage de la tige sur le patron plan. — Le patron de doublure, et les claques. — Bouts rapportés. — Plan de coupes, etc. — Les quartiers. — Souliers bas et brodequins. — Applications de règle du patronage.

**La coupe.** — Coupe et débit des cuirs. — Différentes peaux. — Le cousu main. — Montage. — Couture. — Talon. — Finissage. — La fabrication mécanique. — Patronage et coupe des tiges.

**Exécution de la chaussure cousue main et travail mécanique. — Applications diverses. — Programme d'apprentissage.**

# MANUEL DU
# COMMIS - PAPETIER

**Définition, Rôle, Fonction, Exercices**

**Par A. BOURGEOIS**

1 vol. in-18 de 250 pages, avec 50 figures, cartonné .....

**Définition des différents genres d'impression, arts graphiques.** — Les registres. — La réglure, le papier. — Le modèle d'impression. — Le modèle de registre. — Reliure. — Méthode de travail, organisation, classement des éléments. — Prix de revient. — De la création. — Représentation. — Publicité. — Fournitures de bureaux. — Encriers. — Plumes. — Stylographes. — Crayons. — Gommes. — Casiers. — Maroquinerie, etc.

# MANUEL DU FABRICANT DE JOUETS

**Par M. BROQUELET**

Inspecteur de l'Enseignement technique.

Avant-propos par M. LÉPINE, ancien préfet de police, membre de l'Institut.

1 vol. in-18 de 298 pages avec 183 figures, cartonné..... 12 fr.

**L'art appliqué à la fabrication des jouets.** — Modelage. — Le moulage. — Moulage en plusieurs pièces. — Outillage utilisé pour la fabrication des jouets. — Outils pour le découpage du bois. — Colles employées. — Métaux employés. — Bois employés. — Peaux les plus employées dans l'industrie du jouet. — Moule. — La poupée. — Décoration des têtes de poupées en porcelaine. — Jouets en carton moulé. — Jouets en pâte de carton compressée. — Fabrication des animaux en tissus. — Tambour. — Le Diable. — Evolution du jouet en métal. — Jouets en fer-blanc. — Coffre-fort. — Fabrication des jouets en fer-blanc marchant mécaniquement. — L'hélice. — Le ballon dirigeable. — Fabrication des bêtes à bon Dieu, scarabées, souris, tortues et autres jouets en métal décoré. — Décoration des jouets au moyen du chromographe. — Jouets électriques. — Fabrication des jouets fonctionnant au moyen de l'électricité. — Petites machines-outils. — Le canon de 75. — Genium. — La terre développée. — Presse lithographique. — Locomotive Compound à 4 cylindres du type « Baltic ». — Jouets automatiques. — La décoration au pochoir. — Le cheval de bois. — Brouettes et charrettes.

# MANUEL DE PARFUMERIE

**Par M. LAZENNEC**

Préparateur à l'Institut de Chimie appliquée de la Faculté des Sciences.

1 vol. in-18 de 281 pages avec 83 figures, cartonné..... 10 fr.

**Les matières premières.** — Matières premières employés en parfumerie — Les parfums d'origine végétale. — Extraction des essences. — du parfum par macération; — du parfum par enfleurage ; — par les dissolvants; — par expression. — Etude des principales essences ; — Parfums d'origine animale. — Parfums artificiels et synthétiques.

**Préparation des parfums.** — Eaux aromatiques, infusions et teintures. — Extraits composés. — Eaux de toilette; — de Cologne. — Vinaigres de toilette. — Eaux de toilette ou lotions. — Eau de Cologne. — Les dentifrices. — Crèmes pour le visage. — Huiles. — Poudres de riz. — Les fards. — Teintures pour les cheveux. — Epilatoire. — Parfums d'appartement. — Liquides fumigatoires. — Papier d'Orient. — Savons.

# MANUEL DU COIFFEUR

**Par A. SPALE**

1 vol. in-18 de 386 pages avec 264 figures, cartonné ..... 14 fr

**Le coiffeur pour hommes** — Le salon. — Antisepsie. — Outillage. — La barbe et le coup de peigne. — Frictions. — La taille de cheveux. — Divers modèles. — Frisures. — La teinture.

**La coiffure de dames.** — Démêlage. — Essorage. — Séchage. — L'éther de pétrole. — Le brûlage. — Coiffure simple. — Ondulation à l'épingle. — Coiffures. — Pose des postiches. — Du filet front. — Adaptation du postiche avec art. — Coiffures. — Modèles divers. — L'ondulation indéfrisable. — Coiffures de style.

**Le postiche.** — Le postiche. — La tresse. — Confection d'une branche. — La natte. — Croquignoles et frisure forcée. — L'implanté. — Postiches pour dames. — La monture. — Le bandeau. — La perruque. — Coiffage du postiche.

**La teinture.** — **Grimages.** — **Bustes.** — **Maladies.** — **Tableaux en cheveux.** — **Manucures.** — **Le massage facial.**

# MANUEL DE L'ÉPICIER

PAR

**M. MARCHADIER**
Directeur du
Laboratoire Municipal du Mans.

**A. GOUJON**
Chimiste
du Laboratoire Municipal du Mans.

1 vol. in-18 de 356 pages, avec 100 figures, cartonné..... 12 fr.

**Généralités.** — L'épicier dans ses relations avec le public. — Le matériel de l'épicerie. — L'épicier et le Code de commerce. — Drogues et produits dont la vente est permise aux épiciers.

**Les assaisonnements.** — Les condiments. — Les assaisonnements d'origine indigène.

**Les stimulants.** — Le cacao et son dérivé le chocolat: — 1° le cacao — 2° le chocolat en poudre. — Le café ; — café vert: — café torréfié, préparation ; — cafés spéciaux. — La chicorée.

**Les matières sucrées.** — Le sucre. — Sucres artificiels. — Les sirops — Les confitures. — Les confiseries. — Bonbons, etc. — Le miel. — Parfums et colorants.

**Huiles, graisses, comestibles et fromages.**

**Farines, fécules et dérivés.** — Les farines. — Potages concentrés, etc. — Pâtes alimentaires. — Tapioca. — Commerce. — Gâteaux et biscuits ; — pâtisserie fraîche, sèche ; — conservation.

**Les conserves et denrées conservées.** — Morue, — Sardines, — Hareng — Olives, etc. — Cornichons, etc. — Fumage. — Dessiccation ; — fruits ; — légumes conservés ; — riz ; — dattes; — pruneaux, etc. — Concentration ; — extraits de viande; — lait condensé. — Saucissons. — Conserves en boîtes par le procédé Apert. — Boîtes de conserves.

**Les boissons.**

**Les produits du ménage.** — Produit de nettoyage ou entretien. — Produits d'éclairage et chauffage; — essences; — pétroles ; — alcools. — Distillation.

# MANUEL DE BOUCHERIE

**Par M. GOULET**
Professeur à l'Ecole pratique de Commerce et d'Industrie de Boulogne-sur-Mer.

1 vol. in-18 de 300 pages avec 50 figures, cartonné.....

Etude zoologique des animaux de boucherie, races, élevage, engraissement, le cheptel français. — Classification. — Etudes des différentes races bovines et ovines. — Principales races de boucherie. — Le troupeau français, élevage. — Du producteur au détaillant. — Approvisionnement de la boucherie. — Abatage des bestiaux. Travail de l'abattoir. — Vente à la cheville, de l'échaudoir à l'étal. — Les halles. — Chez le boucher détaillant, l'étal d'autrefois et l'étal d'aujourd'hui. — Coupe de la viande, catégories, distinction des différentes viandes. — Valeur alimentaire. — Consommation. — Contrôle sanitaire de la viande. — Jurisprudence relative à la vente des animaux, malades et des viandes interdites. — Utilisation des issues. Conserves de viandes. — Dangers de la profession de boucher.

# MANUEL DE SUCRERIE

## TECHNOLOGIE SUCRIÈRE

**Par M. ROUBERTY**

Ancien chimiste aux raffineries Say et Lebaudy, Professeur de Chimie industrielle aux laboratoires Bourbouze.

1 vol. in-18 de 296 pages avec 41 figures, cartonné..... 12 fr.

**Le sucre de betterave. — Culture de la betterave à sucre. — Fabrication du sucre de betterave.**

**Le sucre de canne.** — Chimie des sucres. — Combinaisons. — Culture. — Extraction. — Fabrication.

**Le raffinage.** — Travail des sucres bruts. — Filtration. — Décoloration. — Epuration. — Blanchiment. — Etuvage.

**La mélasse. — Contrôle chimique de la fabrication du sucre. — Analyses de sucrerie.**

**Le contrôle chimique dans les sucreries de cannes.** — Canne. — Bagasse. — Jus de première et de deuxième pression. — Jus vert. — Sirop. — Tourteaux de filtres-presses. — Masses cuites de premier et deuxième jet. — Mélasse. — Sucre de premier jet. — Bas produit.

**Acidimétrie. — Alcalimétrie. — Liqueurs titrées. — Essai des matières premières.**

# MANUEL DU DISTILLATEUR

**Par M. MARILLER**

Ingénieur chimiste.

1 vol. in-18 de 305 pages avec 58 figures, cartonné..... 12 fr.

**L'alcool. — Les matières premières de la distillerie.** — Alcoométrie. — Classification des matières premières. — La saccharification. — La fermentation.

**La distillation et rectification.** — La condensation fractionnée. — La distillation continue. — Appareil de distillation. — Rectification discontinue. — Rectification continue.

**Préparation des liquides alcooliques et appareillage.** — Distillation des vins et cidres. — Distillation des fruits. — Fruits sucrés. — Marcs. — Eaux-de-vie naturelles. — Cognac, eaux-de-vie de marc. — Travail des mélasses de betteraves et de cannes. — Travail des substances végétales sucrées. — Distillation. — Travail des topinambours. — Travail des pommes et poires. — Travail des caroubes. — Travail des asphodèles. — Travail de la canne à sucre. — Travail des matières amylacées. — Préparation du lait de malt.

**Conduite des appareils de distillation.**

**Les liqueurs.** — Laboratoire du liquoriste. — Formules de divers esprits simples. — Esprits composés. — Diverses formules de teintures. — Alcoolatures; — les sucs; — eaux distillées; — couleurs diverses. — Les sirops. — Liqueurs artificielles; — absinthes; — spiritueux divers. — Vins aromatisés. — Les amers.

# MANUEL du MÉCANICIEN FRIGORISTE

Par L. VAUCLIN
Directeur,

et A. LONG
chef mécanicien des Frigorifiques et l'Alimentation Havraise.

1 vol. in-18 de 276 pages avec 33 figures, cartonné..... 10 fr.

**Notions générales de physique.**

**Machines à froid. Classification.** — Machines à absorption ou à affinité; — à vaporisation par le vide; — à compression.

**Applications.** — Applications des isolants; — du froid industriel. — Fabrication de la glace. — La conservation de la viande et les frigorifiques d'abattoirs. — La conservation du poisson et les frigorifiques de pêche. — Conservation du lait. — Fabrication du beurre — Chaleurs spécifiques des denrées alimentaires. — Transports. Wagons et trains frigorifiques. — Conservation des œufs; — des fruits; — d'étoffes, tentures, fourrures. — Le froid dans les industries de fermentation. — Applications diverses : — du froid en chimie — du froid en physique.

# MANUEL du LAITIER CRÉMIER

Par A. CORVEZ
Ingénieur-frigoriste.

1 vol. in-18 de 307 pages avec 114 figures, cartonné..... 12 fr.

**Le lait.**

**Le commerce du lait.** — Provenance du lait. — Transport du lait de la ferme au dépôt. — Richesse en crème. — Acidité du lait. — Détermination de la richesse du lait. — Altérations du lait. — Conservation du lait. — Boissons fermentées obtenues avec le lait. — Variations des prix du lait. — Prix de revient du lait.

**Le beurre. — Le commerce du beurre.** — Sous-produits d'écrémage. — Industries qui s'y rattachent. — Prix de revient du beurre. — Variation du prix de vente. — Stabilisation des cours.

**Le fromage. — Le commerce du fromage.**

**Organisation et installation d'une laiterie.** — Organisation du service. — Installation mécanique. — Disposition des locaux. — Agencement des appareils.

**Pays importateurs et exportateurs en produits de laiterie. — Débouchés pour les produits de provenance française. — Notions de commerce et d'administration. — Notions théoriques sommaires de microbiologie. — Commerce de fruits, des légumes et des œufs.**

# MANUEL DE TONNELLERIE

**Par Raymond BRUNET**
Ingénieur-agronome.

1 vol. in-18 de 300 pages avec 90 figures, cartonné .....

Notions de géométrie. Les courbes usitées en tonnellerie. — Calcu des volumes. — La construction théorique des futailles. — Les matières premières de la tonnellerie. Les bois merrains. Les cercles de bois. Le vime ou osier. Les feuillards. — La fabrication à la main. Les outils de la tonnellerie. La préparation du bois. Le montage de la coque. Le fonçage de la futaille. Le cerclage de la futaille. — Les futailles. Les caractéristiques des futailles. Le jaugeage d'une futaille, etc.

---

# MANUEL
# des Vins, Cidres, Poirés, Eaux Gazeuses

**Par M. RAY**
Professeur à l'École nationale d'Agriculture de Rennes.

1 vol. in-18 de 406 pages, avec 139 figures, cartonné..... 12 fr.

**Vins.** — Importance de la production des vins de France. — Mise en état du matériel vinaire. — Vendange. — Organisation générale des celliers. — Vinification. — Amélioration et correction des moûts. — Vinification en rouge. — Vinification en blanc. — Travail des caves. — Vieillissement des vins. — Appréciation des vins. — Vins spéciaux. — Vins mousseux.

**Cidres et poirés.** — La pomme. — Mélanges de variétés de pommes. — Extraction du moût. — Épuration du moût. — Fermentation. — Travail des caves. — Appréciation des cidres. — Cidres spéciaux. — Poiré.

**Eaux gazeuses.** — L'eau. — Le gaz carbonique. — Fabrication des eaux gazeuses. — Anciennes installations avec producteurs de gaz carbonique. — Installations modernes. — Embouteillage de l'eau gazeuse. — Eau de Seltz. — Limonades. — Sodas. — Gazéification des eaux minérales. — Gazéification des vins et des cidres.

---

# MANUEL DE MEUNERIE

**Par M. BOUQUIN**

Ingénieur des Arts et Métiers.

1 vol. in-18 de 301 pages avec 218 figures, cartonné..... 12 fr.

**Nettoyage du blé.**

**Appareils de nettoyage du blé par voie sèche.** — Sas-émotteur. — Cylindres émotteurs. — Tarares aspirateurs. — Tarares combinés. — Séparateurs aspirateurs. — Epierreurs triangulaires. — Epierreurs à cases multiples. — Trieurs. — Colonnes épointeuses. — Machines complémentaires.

**Appareils de nettoyage par voie humide.** — **Nettoyages combinés.**

**La mouture du blé.** — Le broyage et son blutage. — Le séchage et le sassage. — Le désagrégeage et son blutage. — Le convertissage et son blutage. — Reblutage des farines.

**Les appareils à cylindres.** — Distribution trémies. — Cylindres et cannelures. — Paliers fixes et paliers mobiles. — Aération. — Types d'appareils à cylindres.

**Appareils de blutage.** — Tissus blutants. — Bluteries hexagonales.

**Appareils de sassage.** — **Récupération des folles farines.** — **Mélange des farines.**

**Appareils de manutention.** — Monte-sacs. — Ascenseurs. — Transporteurs. — Glissières. — Élévateurs.

# MANUEL DE BOULANGERIE-PATISSERIE

**Par M. BARATTE**

Ingénieur-agronome.

1 vol. in-18 de 431 pages avec 145 figures, cartonné..... 15 fr.

**Farine.** — Le grain de blé. — La mouture. — Analyse sommaire de la farine. — Composition, altération. — *Panification.* — Le pétrissage. — Fermentation panaire. — La cuisson. — Fours de boulangerie. — Procédés divers de panification. — Pains divers et de fantaisie. — Boulangerie industrielle. — Boulangerie militaire. — *Pâtisserie.* — Appareils et ustensiles employés en pâtisserie. — Les matières premières. — La méthode. — Les pâtes diverses. — Fourrures, crèmes, fruits conservés. — Glaçage. — Collage. — Décoration. — Gâteaux classés d'après leurs supports. — Gâteaux divers. — Pièces montées. — Pâtisserie industrielle. — Pâtisserie de ménage. — Législation. — Comptabilité.

# MANUEL DE PUBLICITÉ

## LA TECHNIQUE MODERNE DE LA VENTE

**Par Louis ANGÉ**
Chargé de cours de publicité à l'École Supérieure pratique de Commerce et de l'Industrie de Paris.

1 vol. in-18 de 344 pages, avec 51 figures, cartonné..... 12 fr.

**Le rôle et la technique de la publicité.** — *La publicité vue à vol d'oiseau.* — Profession que la publicité intéresse. — Les carrières publicitaires. — Les préjugés ennemis de la publicité. — Le développement et l'importance de la publicité moderne. — La publicité est une science et un art. — Les frais de publicité et les prix des marchandises. — La publicité et le monde des affaires. — Le vocabulaire de la publicité.

*La valorisation de la publicité.* — Les besoins et les désirs. — L'étude de l'article à vendre. — L'étude du public. — La désirabilité de la marchandise. — La marchandise par rapport à la concurrence. — Le prix de la marchandise comme facteur publicitaire. — Le fond et la forme de la publicité, etc.

**Etude des moyens de publicité.** — *La classification des moyens de publicité.* — *La publicité par la presse.* — *L'annonce.* — Les arguments à employer dans l'annonce. — Les conditions de succès de l'argumentation. — La rédaction de l'annonce. — La typographie de l'annonce. — Les conditions de lisibilité de la lettre d'imprimerie. — Les principales sortes de caractères typographiques, etc.

*La publicité rédactionnelle et les divers organes de la presse.*

*Les autres moyens de publicité.* — La lettre circulaire. — La vente par correspondance. — Le prospectus. — Le dépliant. — Le catalogue. — La brochure de publicité. — L'affiche, etc.

**La publicité en action.** — *Le plan de campagne.* —*Le travail d'impression et de clichage.*

*Le contrôle du rendement.* — Les conditions du progrès de la publicité.

*Le décalogue publicitaire.* — *Appendice.*

# MANUEL DES ASSURANCES

**Par Henry ROSTAING**
Licencié en droit,
Secrétaire de la Direction de la Compagnie d'assurances "l'Urbaine et la Seine".

1 vol. in-18 de 464 pages, cartonné..... 14 fr.

Le contrat d'assurance. Définition générale. Caractères juridiques. Conditions de formation Fondement pratique du contrat. — Caractères particuliers des deux sortes de sociétés d'assurances. Les sociétés d'assurances mutuelles. Les compagnies anonymes. Les assurances et les lois fiscales. De la compétence et de la procédure. Les agents généraux. Assurance contre l'incendie. L'assurance individuelle. Assurance contre le vol. Assurance contre la grêle. Assurance contre la mortalité du bétail. Les contrats de responsabilité civile. Assurances des propriétaires d'immeubles. Assurances des chefs d'entreprises. Les contrats de prévoyance. Les assurances sur la vie, etc.

# MANUEL DES TRANSPORTS

**Par A. VINOT**

Ex-professeur à l'Ecole supérieure de commerce de **Nancy.**

1 vol. in-18 de 392 pages avec 20 figures, cartonné..... 15 fr.

Généralités sur les transports. Aperçu historique, administratif et financier. Avantages et inconvénients pratiques des différents genres de transports. Matériel employé. Nature des entreprises. Routes et chemins. Navigation intérieure. Navigation maritime. Chemins de fer. Transports aériens. — Etude théorique des prix des transports. Etude des prix appliquée aux différents modes de transport autres que les chemins de fer. Tarification. Charges terminales, étude des prix appliqués aux chemins de fer. — Etude pratique des taxes de chemins de fer. Calcul des taxes de chemin de fer. — Formalités. Réclamations. Opérations de douane.

# MANUEL DU MARÉCHAL - FERRANT

**Par J. ALLAROUSSE**

Ancien vétérinaire principal de l'armée, Professeur de Technologie à l'École supérieure de Maréchalerie de Paris.

1 vol. in-18 de 338 pages avec 212 figures, cartonné..... 12 fr.

**Le pied du cheval.** — Fonction du pied et rôle de ses parties constituantes. — Le beau pied. — Pieds défectueux. — Aplomb des membres et du pied. — La forge. — Matières premières nécessaires au maréchal. — Description du fer à cheval. — Comment on forge le fer à cheval. — Le clou maréchal. — Le cheval à la forge. — Comment il faut ferrer le cheval. — Ferrure selon les services. — Ferrures spéciales ou exceptionnelles. — Ferrures à glace. — Fers pathologiques. — Ferrures pathologiques. — Maladies du pied. — Ferrures appropriées. — Ferrure du mulet, de l'âne et du bœuf. — Soins hygiéniques à donner aux sabots. — Des boiteries. — Autres maladies du pied. — Prix de revient d'une ferrure neuve. — Responsabilité du maréchal-ferrant. — Premiers soins à donner à un cheval malad.. — Médications les plus usuelles.

J&B